AEROKLUB PRL

NAWIGACJA

SZKOLENIE SZYBOWCOWE

WYDAWNICTWA KOMUNIKACJI I ŁĄCZNOŚCI

AEROKLUB POLSKIEJ RZECZYPOSPOLITEJ LUDOWEJ

NAWIGACJA

WYDAWNICTWA KOMUNIKACJI i ŁĄCZNOŚCI

Autorzy: PELAGIA MAJEWSKA,
ANDRZEJ PAZIO

Okładkę projektował KRZYSZTOF RACINOWSKI

797.55:527

Książka zawiera podstawowe wiadomości o przygotowaniu przelotu przed rozpoczęciem lotu (wytyczenie trasy, przygotowanie map, sprawdzenie przyrządów itd.) oraz o nawigowaniu, tj. o czynnościach pilota szybowcowego wykonywanych podczas lotu.
Książka należy do serii obejmującej całokształt szkolenia szybowcowego. Przeznaczona jest przede wszystkim dla kandydatów na pilotów szybowcowych, pilotów oraz instruktorów szybowcowych.

Redaktor TERESA DRZAL

Redaktor techniczny ALINA CZARNECKA

Korektor NINA NIUŃKO

BIBLIOTEKA AEROKLUBU POLSKIEJ RZECZYPOSPOLITEJ LUDOWEJ

W cyklu wydawniczym Biblioteki Aeroklubu PRL przygotowywanym przez Dział Szkolenia Lotniczego Zarządu Głównego Aeroklubu PRL pierwszą serię stanowi „Szkolenie Szybowcowe".

W serii tej znajdzie Czytelnik pełny materiał szkoleniowy obejmujący wiadomości z zakresu szkolenia szybowcowego, niezbędne do otrzymania srebrnej odznaki oraz licencji pilota szybowcowego. Seria ta obejmuje następujące tematy, ujęte w 11 broszurach: historia lotnictwa, przepisy lotnicze, mechanika lotu, meteorologia, nawigacja, medycyna lotnicza, budowa szybowców, wyposażenie szybowców, urządzenia startowe, eksploatacja szybowców i zasady pilotażu.

Każda broszura z omawianej serii stanowi odrębną całość tematyczną i może służyć za materiał samokształceniowy lub za pomocniczy podręcznik dla słuchaczy odpowiednich kursów teoretycznych. Tematy kontrolne podane na końcu każdej broszury są jednocześnie pytaniami Lotniczej Komisji Egzaminacyjnej przeprowadzającej egzaminy na licencję pilota szybowcowego.

Czytelnicy interesujący się lotnictwem, lecz nie zajmujący się praktycznym szkoleniem lotniczym, znajdą w naszym cyklu interesującą lekturę, wyjaśniającą przystępnie zagadnienia lotnictwa.

Dział Szkolenia Lotniczego
Aeroklubu PRL

SPIS TREŚCI

Wykaz oznaczeń 5
Wstęp 6
Rozdział 1. Mapy lotnicze 7
Umowna geometria kuli ziemskiej 7
Siatka geograficzna 7
Zależność między długością geograficzną a czasem . 10
Rzuty kartograficzne 10
Rodzaje map lotniczych 14
Podziałka mapy 14
Oznaczenia map 16
Czytanie map topograficznych 16
Rozdział 2. Lotnicza busola magnetyczna 19
Podstawowe wiadomości o magnetyzmie ziemskim . 19
Działanie ziemskiego pola magnetycznego na igłę magnetyczną 21
Budowa i charakterystyka lotniczej busoli magnetycznej 23
Dewiacja busoli 27
Kompensacja busoli 28
Rozdział 3. Wielkości przyjęte w nawigacji 32
Określanie kierunków na kuli ziemskiej 32
Kąt drogi geograficzny i magnetyczny 34
Kurs 38
Oznaczanie kierunku i prędkości wiatru 41
Prędkość lotu 42
Rozdział 4. Wpływ wiatru na lot 44
Lot szybowca w ciszy 45
Lot szybowca w łożu wiatru 45
Kąt wiatru 48
Podstawowy nawigacyjny trójkąt prędkości . . . 49
Szybowcowy przelotowy trójkąt prędkości 55
Rozdział 5. Przygotowanie nawigacyjne 61
Przygotowanie ogólne i bezpośrednie 62
Przygotowanie map 62
Wyposażenie nawigacyjne 67
Znajomość rejonu lotów 67
Wykreślanie, opisanie i poznanie z mapy trasy przelotu 68
Trening w obliczeniach nawigacyjnych 71
Rozdział 6. Nawigowanie w locie 75
Orientacja 75
Orientowanie mapy 76
Czytanie mapy 76
Prowadzenie obserwacji 77
Obliczenia nawigacyjne w locie 80
Identyfikacja obiektów 81
Utrata i wznawianie orientacji 83
Tematy kontrolne i egzaminacyjne 86
Literatura uzupełniająca 87

WYKAZ OZNACZEŃ

R — promień kuli ziemskiej
λ — długość geograficzna
φ — szerokość geograficzna
N — północ
S — południe
E — wschód
W — zachód
NG — północ geograficzna
SG — południe geograficzne
NM — północ magnetyczna
SM — południe magnetyczne
H_o — całkowita siła magnetyzmu ziemskiego
H — składowa pozioma magnetyzmu ziemskiego
Z — składowa pionowa magnetyzmu ziemskiego
$\sphericalangle\ \Theta$ — inklinacja magnetyczna
$\Delta\ M$ — deklinacja magnetyczna
$\Delta\ B$ — dewiacja busoli
$\Delta\ V$ — wariacja
B — różnica między kursem magnetycznym i kursem busoli, będąca sumą $\Delta\ B$ i błędu ustawienia
$\Delta\ U$ — błąd ustawienia
KD — kąt drogi
KDG — kąt drogi geograficzny
KDM — kąt drogi magnetyczny
NKD — nakazany kąt drogi
RKD — rzeczywisty kąt drogi
$NKDM$ — nakazany kąt drogi magnetyczny
$RKDM$ — rzeczywisty kąt drogi magnetyczny
KG — kurs geograficzny
KM — kurs magnetyczny
KB — kurs busoli
U — prędkość wiatru
D_m — meteorologiczny kierunek wiatru
D — nawigacyjny kierunek wiatru
V — prędkość powietrzna
V_i — prędkość instrumentalna (odczytywana z prędkościomierza)
V_s — prędkość przeskoku
V_p — prędkość przelotowa
W — prędkość podróżna przelotu
t_s — czas lotu na odcinkach prostych
t_w — czas krążenia w kominach termicznych
E — kąt wiatru
KZ — kąt znoszenia
$KZ\,max$ — kąt znoszenia maksymalny
KPT — końcowy punkt trasy
WPT — wyjściowy punkt trasy
PZK — punkt zmiany kierunku (punkt zwrotny trasy).

WSTĘP

Nawigacja powietrzna mówi o sposobie prowadzenia statku powietrznego po obranej trasie. Nazwa przedmiotu pochodzi od łacińskiego słowa **„nawigare"**, co oznacza — żeglować.

Nawigacja jest zbiorem wiadomości o przygotowywaniu przelotu przed rozpoczęciem lotu oraz o nawigowaniu, tj. o czynnościach pilota wykonywanych podczas lotu, zmierzających do zachowania orientacji i przewidzianej trasy.

W przelotach samolotowych zasadniczym rodzajem nawigowania jest prowadzenie samolotu po trasie na ustalonej wysokości według uprzednio obliczonego kursu busoli, prędkości i czasu lotu; orientacja wzrokowa jest tylko czynnikiem pomocniczym. W nowoczesnym lotnictwie do nawigowania służą urządzenia radionawigacyjne, umożliwiające przeloty po wyznaczonej trasie bez widoczności ziemi.

Pilot szybowca natomiast, który do wykonywania przelotu wykorzystuje prądy wznoszące, występujące zazwyczaj przy dobrej widzialności, nawiguje głównie w oparciu o orientację wzrokową, polegającą na porównywaniu terenu z mapą i mapy z terenem. Odczyty busoli, kontrola prędkości i czasu lotu są dla szybownika czynnikami pomocniczymi, jednak nie mniej istotnymi.

Przeloty szybowcowe odbywają się na zmiennej wysokości i ze zmienną prędkością, a konieczność wyszukiwania prądów wznoszących zmusza szybowników do odchodzenia od obranej trasy lotu. Wymaga to od pilota szybowcowego dobrej znajomości podstawowych zagadnień nawigacji powietrznej.

Opracowanie niniejsze zawiera podstawowe wiadomości o nawigacji, niezbędne do przygotowań nawigacyjnych przelotu i do nawigowania w pierwszych przelotach szybowcowych.

Nawigacja szybowcowa wiąże się ściśle z zasadami pilotażu szybowcowego i teorią lotów wyczynowych, stąd do jej pełnego zrozumienia konieczne jest posiadanie podstawowych wiadomości o taktyce i technice prowadzenia przelotów szybowcowych.

Rozdział 1

MAPY LOTNICZE

Umowna geometria kuli ziemskiej

Ziemia jest bryłą o kształcie zbliżonym do kuli, obracającą się wokół osi, którą wyobrażamy sobie jako linię prostą przeprowadzoną przez dwa przeciwległe punkty, zwane biegunami.

Swoisty kształt Ziemi — kuli spłaszczonej na biegunach — nosi nazwę geoidy. W nawigacji, w celu uproszczenia obliczeń, przyjmuje się, że Ziemia ma kształt kuli o promieniu R = = 6371 km i obwodzie długości 40 000 km.

Siatka geograficzna

Położenie punktu na powierzchni kuli ziemskiej określa się za pomocą współrzędnych geograficznych, których układ stanowi siatkę geograficzną, utworzoną przez południki i równoleżniki. **Południki geograficzne** są śladami utworzonymi na powierzchni kuli ziemskiej przez płaszczyzny przechodzące przez oś Ziemi i bieguny. **Równoleżniki geograficzne** są utworzone na powierzchni kuli ziemskiej przez jej przecięcie płaszczyznami, prostopadłymi do osi. Równoleżnik utworzony przez przecięcie powierzchni Ziemi płaszczyzną przechodzącą przez środek osi (środek kuli ziemskiej) nosi nazwę **równika.**

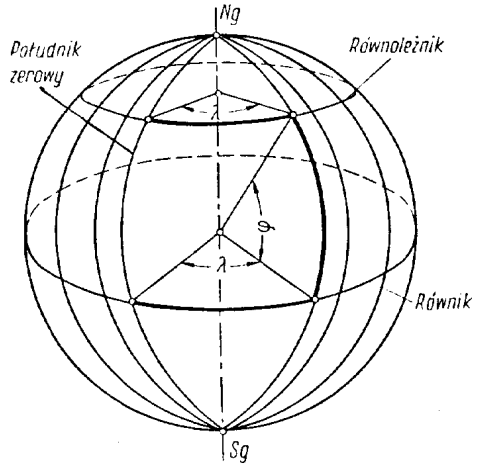
Na powierzchni Ziemi można przeprowadzić dowolną liczbę południków i równoleżników. Do celów praktycznych południki i równoleżniki prowadzone są w odstępach równych jednostkom kątowym (stopniom, minutom i sekundom).

Jako południk zerowy przyjęto południk przechodzący przez Obserwatorium Astronomiczne w Greenwich na przedmieściu Londynu. Dzieli on Ziemię na półkulę wschodnią i zachodnią. Od południka zerowego w prawo mierzy się długość geograficzną (λ — lambda) wschodnią — od 0 do 180°, a w lewo — zachodnią, również od 0° do 180°.

Równik dzieli Ziemię na półkulę północną i południową. Od równika w górę mierzy się szerokość geograficzną (φ — fi)

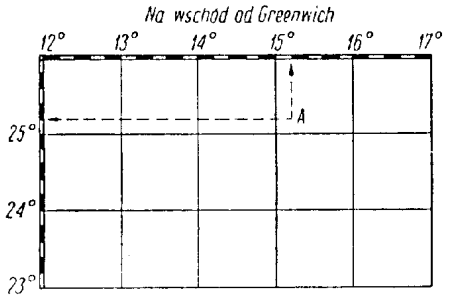
północną, a w dół — południową, od 0° na równiku do 90° na biegunach.

Długość geograficzna jest kątem zawartym między płaszczyzną południka zerowego a płaszczyzną południka przechodzącego przez dany punkt (rys. 1).



Rys. 1. Pomiar długości i szerokości geograficznej

Szerokość geograficzna jest kątem zawartym między płaszczyzną równika a pionem przechodzącym przez dany punkt (rys. 1).



Rys. 2. Pomiar długości i szerokości geograficznej punktu na mapie

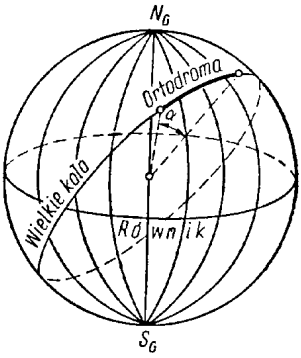
Określając położenie dowolnego punktu na powierzchni kuli ziemskiej podajemy (rys. 2):

— szerokość geograficzną (φ) północną (N) lub południową (S) w jednostkach kątowych, np. $\varphi = 25°15'\ N$,

— długość geograficzną (λ) wschodnią (E) lub zachodnią (W) w jednostkach kątowych, np. $\lambda = 15°15'\ E$.

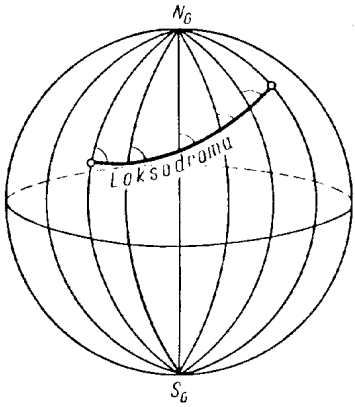
Równik i koła utworzone przez dwa przeciwległe południki noszą nazwę wielkich kół. **Wielkie koło** jest to koło utworzone na powierzchni Ziemi przez przecięcie kuli ziemskiej płaszczyzną, przechodzącą przez środek Ziemi. Na powierzchni Ziemi można utworzyć dowolną liczbę wielkich kół, przecinających oś Ziemi pod różnymi kątami.

Ponieważ po powierzchni kuli nie można prowadzić linii prostych, najkrótszą drogą między dwoma punktami na powierzchni kuli ziemskiej jest łuk wielkiego koła, przechodzącego przez te punkty. Łuk ten nazywa się **ortodromą** (rys. 3).



Rys. 3. Ortodroma

Ortodroma, jeśli nie jest wycinkiem południka lub równika, przecina południki pod różnymi kątami, w związku z czym



Rys. 4. Loksodroma

zmienia ciągle swój kierunek w stosunku do kierunku północ-południe. Lot wzdłuż ortodromy jest bardzo niewygodny,

szczególnie na krótkich odcinkach. Z tych względów loty na odległość do około 3000 km wykonuje się wzdłuż linii łączącej wyjściowy i końcowy punkt trasy, przecinającej południki pod stałym kątem. Linia taka nazywa się **loksodromą** (rys. 4).

Łuk koła można mierzyć nie tylko w jednostkach kątowych, ale również w jednostkach liniowych (odległość). Długość łuku wielkiego koła o wartości kątowej 1° na równiku wynosi 111 km, a długość łuku o wartości kątowej 1′ — około 1867 m i nosi nazwę mili morskiej (NM).

Zależność między długością geograficzną a czasem

Rozpatrując długość geograficzną w jednostkach kątowych i ruch obrotowy Ziemi, można ustalić następującą zależność:

— jeżeli w ciągu 24 godzin Ziemia obróci się o 360°, to w ciągu:

1 godziny obróci się o 15°
1 minuty obróci się o 15′
1 sekundy obróci się o 15″

— i odwrotnie, — Ziemia obróci się o:

360° w ciągu 24 godzin,
15° w ciągu 1 godziny,
1° w ciągu 4 minut,
1′ w ciągu 4 sekund,
1″ w ciągu 1/15 sekundy.

Przeliczenie długości geograficznej na wartości czasowe jest niezbędne przy obliczeniach godziny zapadnięcia zmroku i nastania świtu dla położonych na trasie miejscowości, w odniesieniu do miejsca, w którym dane dotyczące zapadnięcia zmroku i nastania świtu są znane.

Rzuty kartograficzne

Mapa jest płaskim obrazem kulistej powierzchni Ziemi lub jej wycinka, zmniejszonym w odpowiedniej proporcji (skali). Przeniesienie siatki geograficznej, punktów i konturów kulistej powierzchni Ziemi na płaszczyznę lub powierzchnię rozwijalną na płaszczyźnie następuje drogą rzutowania.

Płaska mapa nie jest wiernym obrazem Ziemi. Oceniając wierność mapy rozróżnia się:

— wierność kątów,
— wierność długości linii,
— wierność powierzchni.

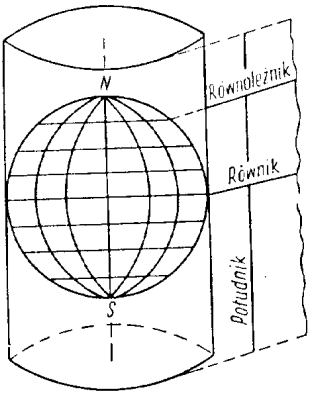
W zależności od rodzaju rzutu kartograficznego osiąga się wierność najwyżej jednego z tych elementów. Przy odwzorcowaniach bardzo małych powierzchni kuli ziemskiej jest mo-

żliwe zachowanie w dużym stopniu wierności wszystkich trzech elementów.

Przy sporządzaniu map do nawigacji lotniczej stosuje się cztery rodzaje rzutów kartograficznych:

1) rzuty walcowe,
2) rzuty stożkowe,
3) rzuty na płaszczyznę,
4) rzuty dowolne.

Rzut walcowy polega na rzutowaniu punktów leżących na kuli na pobocznicę walca stycznego do kuli (rys. 5). Rzutowane punkty na kuli i ich rzuty na pobocznicę walca leżą na prostych wychodzących ze środka kuli. Jeżeli pobocznica walca jest styczna do kuli wzdłuż równika, rzut taki nazywa się **walcowym — równikowym.**

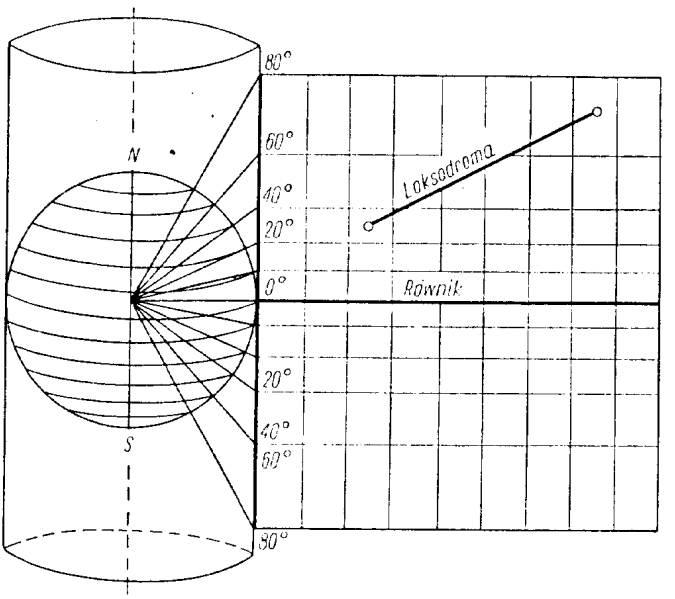


Rys. 5. Rzut walcowy

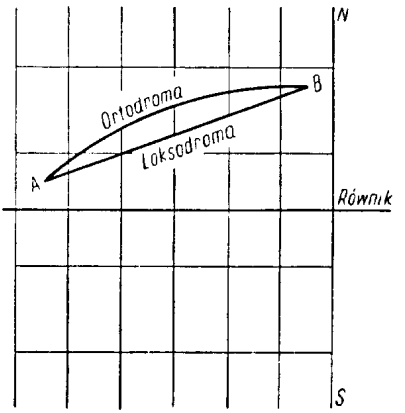
Modyfikacją rzutu walcowego — równikowego jest **rzut Merkatora** (rys. 6), który umożliwia wiernokątne odwzorcowanie. Loksodroma w tym rzucie jest linią prostą, a ortodroma linią krzywą wypukłą w stronę bieguna (rys. 7).

Zniekształcenia proporcji odległości i powierzchni narastają w miarę wzrostu szerokości geograficznej w takim stopniu, iż mapa w odwzorcowaniu Merkatora może być używana dla rejonów zawartych między 75° szerokości geograficznej północnej i 75° szerokości geograficznej południowej. Mapy Merkatora używa się w marynarce i lotnictwie komunikacyjnym przy przelotach na duże odległości.

Rzut stożkowy otrzymuje się przez rzutowanie ze środka kuli ziemskiej punktów leżących na jej powierzchni na pobocznicę stożka styczną lub sieczną do kuli. Oś stożka pokrywa się

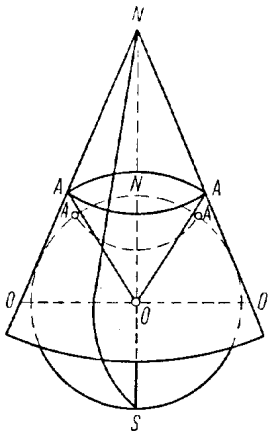


Rys. 6. Rzut Merkatora

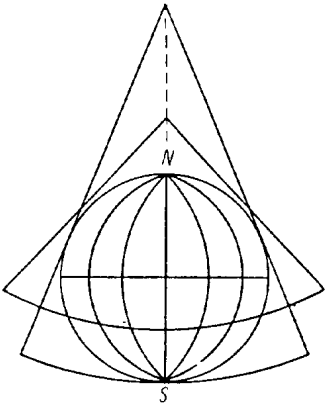


Rys. 7. Siatka w rzucie Merkatora

z osią kuli ziemskiej (rys. 8). Wiernokątność i wierność odległości występują tylko na równoleżniku styczności. Rzut ten jest najczęściej stosowany, szczególnie do odwzorcowania dużych powierzchni na mapach o dużej skali. Do odwzorcowania mniejszych powierzchni w małej skali stosuje się modyfikację rzutu stożkowego, tzw. rzut wielostożkowy (rys. 9).

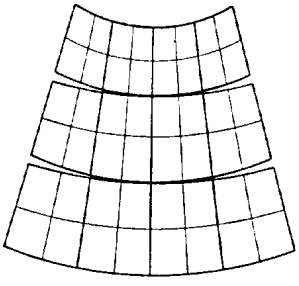


Rys. 8. Rzut stożkowy



Rys. 9. Rzut wielostożkowy

Rzut wielostożkowy polega na tym, że dla każdego arkusza mapy terenu budujemy stożek o innej podstawie i innej wysokości. Siatkę geograficzną rzutujemy na pobocznicę szeregu stożków stycznych do powierzchni Ziemi co 4° szerokości geograficznej. Po rozcięciu stożków wzdłuż tworzących stożka, otrzymujemy arkusze map (rys. 10), na których, podobnie jak w rzucie stożkowym, południki są liniami prostymi zbieżnymi na biegunie, a równoleżniki są łukami punktów środkowych. Ortodroma jest linią krzywą zwróconą wypukłością do bieguna, a loksodroma jest linią łamaną, wygiętą w stronę równika. Na małych odległościach (do 400 km) zarówno ortodromę, jak i loksodromę można rysować jako linię prostą.

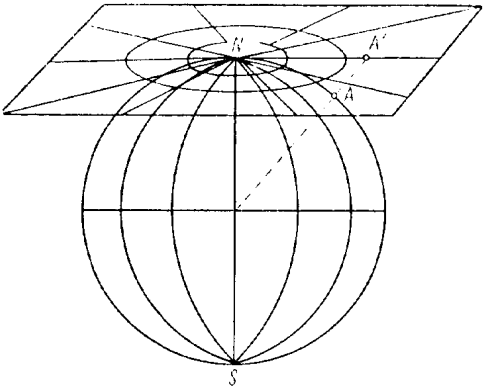


Rys. 10. Rozwinięcie arkuszy mapy w rzucie wielostożkowym

W rzucie wielostożkowym mała odległość równoleżników styczności sprawia, że mapa o tym odwzorcowaniu jest wiernokątna i ma zachowane proporcje odległości w stopniu nie wymagającym w praktyce wnoszenia żadnych poprawek do pomiarów z mapy dokonywanych kątomierzem i skalówką. Mapy o odwzorcowaniu wielostożkowym są powszechnie używane w nawigacji lotniczej do lotów na małe odległości.

Rzuty na płaszczyznę otrzymuje się drogą rzutowania punktów na powierzchni kuli ziemskiej na płaszczyznę styczną do

niej. Rzutowanie może odbywać się ze środka kuli lub z punktu przeciwległego do punktu styczności płaszczyzny; rzut ten stosuje się najczęściej do odwzorcowania na mapie okolic podbiegunowych (rys. 11).



Rys. 11. Rzut centralny

Rodzaje map lotniczych

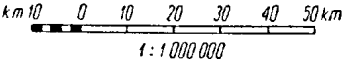
W lotnictwie stosuje się dwa rodzaje map, mapy nawigacyjne w rzucie Merkatora, z naniesionymi drogami lotniczymi, pomocami radionawigacyjnymi i innymi danymi niezbędnymi dla lotnictwa komunikacyjnego, oraz mapy topograficzne w rzucie wielostożkowym z naniesioną rzeźbą i pokryciem terenu.

W lotnictwie sportowym, a szczególnie w szybownictwie stosuje się mapy topograficzne. Mapom tym stawia się następujące wymagania:

— wiernokątność, zachowanie proporcji, odległości i kształtów powierzchni,
— dokładność, przejrzystość i aktualność.

Podziałka mapy

Podziałka mapy (lub skala) jest to stosunek, w jakim zmniejszone zostały wymiary liniowe rzeczywiste, istniejące na powierzchni Ziemi, do wymiarów na mapie. Może być ona podana w postaci narysowanej podziałki na mapie lub jako stosunek liczb (rys. 12).



Rys. 12. Podziałka liczbowa i liniowa mapy

Podziałka liniowa — jest to podziałka przedstawiona w formie graficznej; równe odcinki oznaczone są liczbami, które odpowiadają w pomniejszeniu odległościom w terenie. Gdy jedna podziałka długości 1 cm równa się 10 km, oznacza to, że 1 cm na mapie równa się 10 km na powierzchni kuli ziemskiej. Podziałka liniowa podana jest na każdym arkuszu mapy w jej dolnym skraju.

Podziałka liczbowa — jest to stosunek liczb wskazujący, ile razy linie i odległości na powierzchni kuli ziemskiej są większe od linii i odległości na mapie. Podziałkę liczbową oznacza się na każdym arkuszu mapy w dolnym jej skraju. Np. podziałka 1 : 500 000 oznacza, że 1 cm na mapie odpowiada 5 km na powierzchni kuli ziemskiej.

W lotnictwie używa się następujących map topograficznych.

1) Mapa o skali 1 : 1 000 000, zwana „milionówką" (1 cm na mapie odpowiada 10 km w terenie); mapa ta jest odwzorcowana w zmodyfikowanym rzucie stożkowym. Jest ona wykonana tylko do szerokości geograficznej 60°, gdyż przy większych szerokościach jest niedokładna. Arkusz mapy obejmuje 4° szerokości i 6° długości geograficznej. Skala odległości na całym arkuszu mapy jest stała. Południki i równoleżniki naniesione są co 1°. Na ramce mapy oznaczone są wartości liniowe, odpowiadające wartościom kątowym szerokości i długości geograficznej, co 5 minut. Mapa wykonana jest w pięciu kolorach; ma naniesione tylko ważniejsze miejscowości i główne drogi, a przestrzenie wodne są odtworzone szczegółowo.

   Wysokość nad poziom morza określana jest w metrach. Mapy te są stosowane jako zapasowe mapy pokładowe, mapy do nanoszenia różnych sytuacji operacyjnych, a także mogą być stosowane jako mapy przelotowe przy długich przelotach szybowcowych.

2) Mapa o skali 1 : 500 000, tzw. „pięćsetka" lub „pięciokilometrówka" (1 cm na mapie odpowiada 5 km w terenie), jest także odwzorcowana w rzucie wielostożkowym. Mapa ta składa się z arkuszy o 2° szerokości i 3° długości geograficznej. Powierzchnia terenu na jednym arkuszu mapy odpowiada powierzchni o promieniu ok. 100 km. Południki i równoleżniki przebiegają co 30 minut. Na ramce mapy są oznaczone wartości liniowe, które odpowiadają wartościom kątowym co 5 minut szerokości i długości geograficznej.

   Mapa jest wykonana w pięciu podstawowych kolorach. Wysokość wyrażana jest w metrach, a warstwice oznaczo-

ne są co 20 m. Na mapie tej naniesione są izogony *) jako czerwone lub fioletowe przerywane linie.

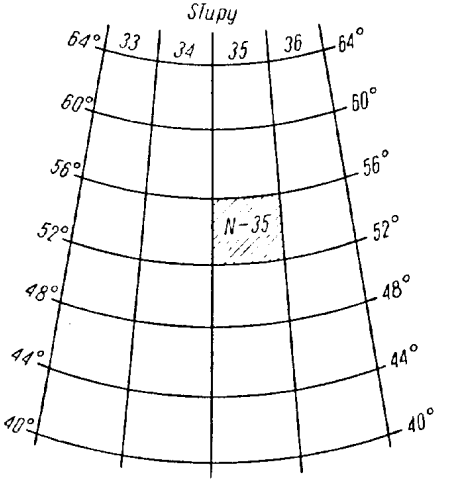
Mapy o skali 1 : 500 000 są stosowane jako zasadnicze mapy przelotowe w przelotach szybowcowych i samolotowych w lotnictwie sportowym.

3) Mapy o skali 1 : 200 000 (1 cm na mapie odpowiada 2 km w terenie) i mapy o skali 1 : 100 000, tzw. „kilometrówki" (1 cm na mapie odpowiada 1 km w terenie), są używane w lotnictwie gospodarczym.

Oznaczenia map (tzw. nomenklatura map)

Każda mapa w małej skali składa się z wielu oddzielnych arkuszy. Do dobrania odpowiednich arkuszy niezbędnych do lotu służą skorowidze map. W skorowidzach tych każdy arkusz ma określoną numerację.

System podziału mapy na oddzielne arkusze, określający ramki każdego arkusza, nazywa się rozliniowaniem mapy, a system oznaczenia poszczególnych arkuszy — nomenklaturą mapy (rys. 13).



Rys. 13. Nomenklatura mapy 1 : 1 000 000

Czytanie map topograficznych

Na mapach topograficznych ukształtowanie, rzeźba i pokrycie terenu przedstawione są za pomocą umownych znaków

*) Pojęcie to jest omówione szczegółowo w rozdziale o magnetyzmie.

topograficznych. Mapy te są najczęściej wykonane w 5 lub 6 kolorach, zależnie od wydania:

— brązowy lub fioletowy — ukształtowanie pionowe (warstwice) i izogony,
— niebieski — wody,
— zielony — lasy,
— czarny — tory kolejowe, napisy, siatka geograficzna, miejscowości,
— czerwony — szosy, autostrady, miejscowości, izogony,
— żółty — drogi polne lub w budowie.

Znaki topograficzne i skróty stosowane na mapach przedstawiono w tablicy 1.

Tablica 1

Znaki topograficzne stosowane na mapach o podziałce 1:500 000

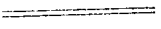
Znaki oznaczone kolorem czerwonym

autostrada (autostrada w budowie — linia przerywana)

droga główna (droga w budowie — linia przerywana)

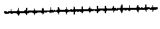
droga drugorzędna

droga lokalna


trakt (szlak)

Znaki oznaczone kolorem czarnym:

kolej dwu- lub wielotorowa


kolej wąskotorowa

kolej gospodarcza

kolej jednotorowa

kolej w budowie

miasto

miasteczko

wieś kościelna

wieś

Warstwice oznaczone są kolorem jasnobrązowym, cienką linią co 20 m, grubą linią co 100 m, obszarów górskich warstwice są oznaczone linią cienką przerywaną co 50 m, linią cienką co 100 m i grubą linią co 500 m. Lasy oznaczone są kolorem zielonym, rzeki i jeziora — kolorem niebieskim.

Znaki topograficzne stosowane na mapach topograficznych o podziałce 1: 1 000 000

Znaki oznaczone kolorem czerwonym

- autostrada
- droga główna
- droga drugorzędna
- droga gruntowa

Znaki onaczone kolorem czarnym:

- kolej dwutorowa
- kolej jednotorowa
- kolej wąskotorowa
- ważniejsze stacje kolejowe

Rzeźba terenu (warstwice) są oznaczone co 50 m, kolorem brązowym, warstwice co 150 m linią przerywaną, kolorem brązowym, lasy — kolorem zielonym, a rzeki i jeziora — kolorem niebieskim.

Znaki topograficzne przyjęte dla wszystkich map topograficznych

port morski

port rybacki

latarnia morska

zamek

ruiny

głębokość w m

kościół

fabryka

kopalnia

szyby naftowe

nadleśnictwo

lotnisko

radiostacja

pobojowisko

uzdrowisko

schronisko

Skróty:

Cem. — cementownia
Ckr. — cukrownia
El. — elektrownia
Fb. masz. — fabryka maszyn
Ht. żel. — huta żelaza
Sant. — sanatorium
Szpit. — szpital
U. cel. — urząd celny
Wap. — wapiennik
Walc. — walcownia
G. — góra
Odlew. — odlewnia
Gr. — górny
Kol. — kolonia
Kośc. — kościelny
J., Jez. — jezioro
Kan. — kanał
Dż. — duży
Król. — królewski
Mł. — mały
Niż. — niżny
Nw. — nowy
Pol. — polski
Str. — stary
Wlk. — wielki
Pap. — papiernia
Dln. — dolny
Wys. — wysoki
Średn. — średni

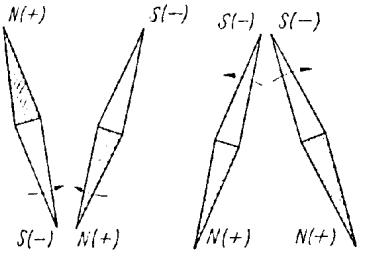
Rozdział 2

LOTNICZA BUSOLA MAGNETYCZNA

Podstawowe wiadomości o magnetyzmie ziemskim

Właściwości niektórych metali polegające na wzajemnym przyciąganiu się lub odpychaniu nazywamy magnetyzmem.

Siła przyciągająca lub odpychająca nie jest jedakowa na całej długości magnesu, lecz jest największa na jego końcach, zwanych biegunami. Zależnie od tego, jakimi biegunami zbliżamy do siebie magnesy, przyciągają się one lub odpychają (rys. 14). Bieguny różnoimienne magnesów przyciągają się, a jednoimienne odpychają się.

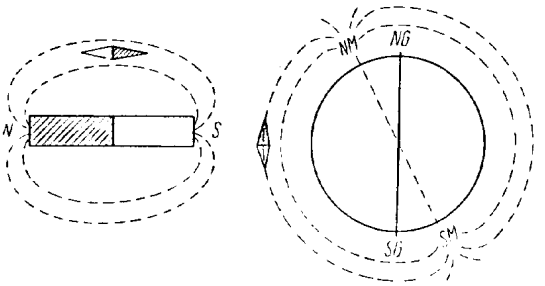


Rys. 14. Wzajemne oddziaływanie biegunów magnetycznych

Swobodnie zawieszony magnes ustawia się zawsze w kierunku północ-południe, a wytrącony z tego położenia wraca do niego, przy czym zawsze ten sam biegun jest zwrócony na północ. Tak ustawiający się biegun nazywa się biegunem północnym (*N*) lub dodatnim (+), a biegun zwracający się zawsze ku południowi — biegunem południowym (*S*) lub ujemnym (—).

Właściwość kierunkowego ustawiania się magnesu wynika stąd, że Ziemia jest również magnesem i, jak każdy magnes, wytwarza pole magnetyczne. Bieguny magnetyczne Ziemi znajdują się w pobliżu biegunów geograficznych, z tym że północny biegun magnetyczny znajduje się koło południowego bieguna geograficznego, a południowy biegun magnetyczny koło północnego geograficznego. Dla uproszczenia, w nawigacji magnetyczne bieguny Ziemi są oznaczane zgodnie z kierunkami geograficznymi, tzn. biegun magnetyczny znajdujący się na półkuli północnej nazywamy północnym i oznaczamy *NM* a biegun leżący na półkuli południowej — południowym i oznaczamy *SM*.

Z biegunów magnetycznych Ziemi rozchodzą się we wszystkich kierunkach linie sił magnetycznych, tworząc ziemskie pole magnetyczne. Swobodnie zawieszony magnes ustawia się zawsze wzdłuż linii sił magnetycznych (rys. 15).



Rys. 15. Pole magnetyczne magnesu i Ziemi

Rzuty linii sił pola magnetycznego na powierzchnię Ziemi nazywamy południkami magnetycznymi. Tak więc swobodnie zawieszony w ziemskim polu magnetycznym magnes wskazuje kierunek południka magnetycznego.

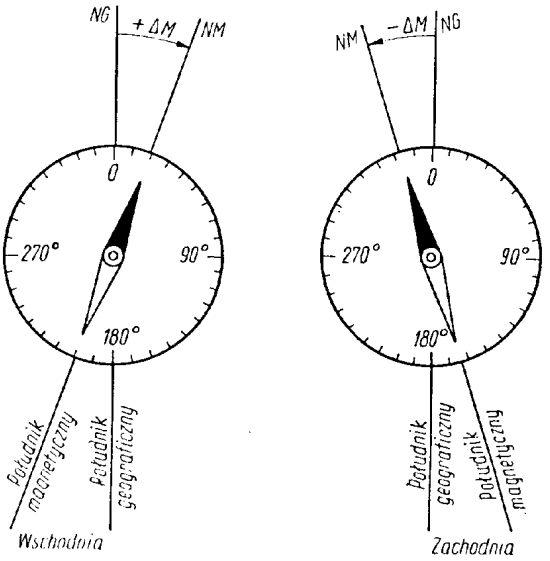
W różnych miejscach kuli ziemskiej kierunek i natężenie pola magnetycznego są różne i zależą od szerokości geograficznej danego miejsca oraz od miejscowych warunków geologicznych. Nie są one wartościami stałymi, lecz ulegają zmianie z biegiem czasu.

Natężenie pola magnetycznego Ziemi jest największe na biegunach magnetycznych.

Działanie ziemskiego pola magnetycznego na igłę magnetyczną

Igłą magnetyczną nazywamy swobodnie zawieszony magnes, stanowiący zasadniczy element kompasów i busol magnetycznych.

Ponieważ igła magnetyczna ustawia się wzdłuż południka magnetycznego, jej północny koniec wskazuje północny biegun magnetyczny, a nie geograficzny. Jak wiemy, bieguny geograficzny i magnetyczny nie pokrywają się i dlatego ich odpowiednie południki zwykle też nie pokrywają się, lecz przecinają pod pewnym kątem (rys. 16).



Rys. 16. Zboczenie magnetyczne — deklinacja

Kąt zawarty pomiędzy północnym kierunkiem południka geograficznego a północnym kierunkiem południka magnetycznego nazywamy **deklinacją magnetyczną** (zboczeniem magnetycznym). Jeśli południk magnetyczny odchyla się w prawo od południka geograficznego deklinacja jest dodatnia (+), zwana także wschodnią, a jeśli odchyla się w lewo, to deklinacja jest ujemna (—), czyli zachodnia.

W przypadku pokrywania się południków, deklinacja nie występuje (wynosi 0°) i północny koniec igły magnetycznej wskaże również północ geograficzną.

Deklinacja w różnych punktach na kuli ziemskiej ma różne wartości i znaki i podlega okresowym wahaniom.

Linie łączące punkty o jednakowej deklinacji (wielkość i znak) noszą nazwę **izogon.** Na mapach topograficznych izogony są nanoszone co 1°, jako czerwone lub fioletowe przerywane linie. W Polsce deklinacja magnetyczna waha się w granicach około ± 2°.

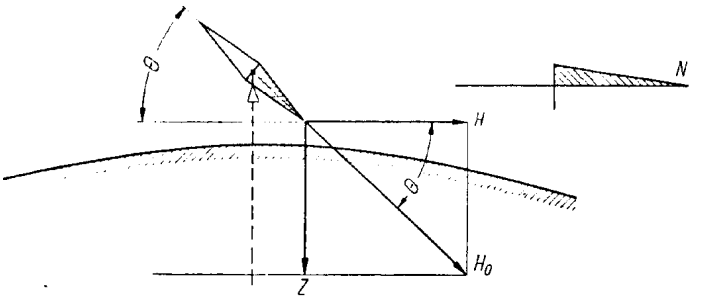
Na przebieg izogon duży wpływ wywiera budowa geologiczna danego obszaru; na obszarach tzw. anomalii magnetycznej zboczenie osiąga wartość do kilkudziesięciu stopni. Duże, przejściowe wahania deklinacji magnetycznej są wywoływane przez tzw. burze magnetyczne, związane z występowaniem plam na słońcu i zórz polarnych.

W nawigacji wiele uwagi poświęca się zjawisku deklinacji magnetycznej i, oprócz nanoszenia na mapę izogon, sporządza się także specjalne mapy zboczeń magnetycznych i ich zmian.

Innym, również ważnym zjawiskiem związanym z działaniem magnetyzmu ziemskiego na swobodnie zawieszoną igłę magnetyczną jest **inklinacja.**

Linie sił magnetycznych ziemskiego pola magnetycznego nie przebiegają poziomo, lecz tworzą z poziomem pewien kąt, zwany inklinacją. Wielkość tego kąta zależy od szerokości geograficznej: na równiku wynosi 0°, na biegunie 90°, na pozostałych szerokościach geograficznych przyjmuje wielkości pośrednie.

Swobodnie zawieszona igła magnetyczna, ustawiając się wzdłuż linii działania sił magnetycznych, podlega również inklinacji i zależnie od szerokości geograficznej tworzy z poziomem pewien kąt (rys. 17). W naszych szerokościach geograficznych kąt ten wynosi ok. 60°.



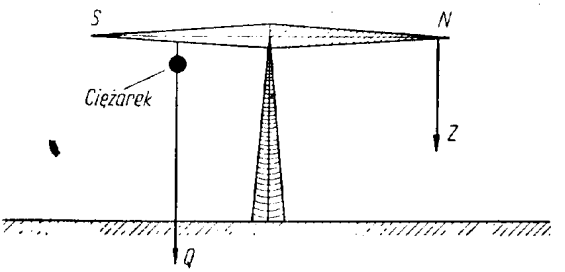
Rys. 17. Inklinacja magnetyczna

H_0 — całkowita siła magnetyzmu ziemskiego, H — składowa poziomа magnetyzmu ziemskiego, Z — składowa pionowa magnetyzmu ziemskiego, Θ — inklinacja magnetyczna

Aby nie dopuścić do ustawiania się igły magnetycznej pod kątem do poziomu, na półkuli północnej obciąża się odpowied-

nio południowy biegun igły magnetycznej (rys. 18), a na półkuli południowej postępuje się odwrotnie. Z tego względu każda busola lotnicza jest dostosowana do użytkowania wyłącznie na jednej z półkól.

Linie łączące punkty o jednakowej wartości inklinacji noszą nazwę **izoklin.**



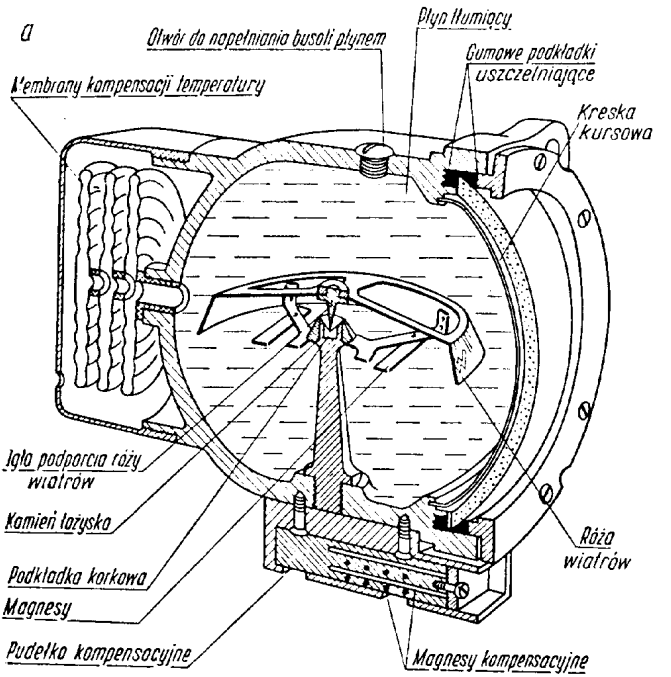
Rys. 18. Równoważenie inklinacji magnetycznej w busolach

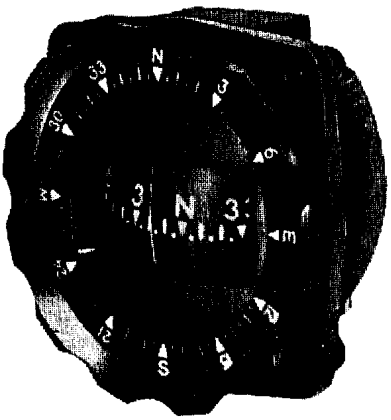
Budowa i charakterystyka lotniczej busoli magnetycznej

Lotnicza busola magnetyczna umieszczona na szybowcu służy do określania kursu szybowca w locie. Zasada działania tej busoli oparta jest na wykorzystaniu znanej nam właściwości igły magnetycznej, ustawiającej się w kierunku południka magnetycznego.

W lotniczej busoli magnetycznej igła magnetyczna jest zastąpiona przez zespół dwu lub czterech magnesów, ustawionych równolegle do siebie i skierowanych biegunami północnymi w jedną stronę. Magnesy te są przymocowane do pływaka, mającego kształt pierścienia. Na pływaku umieszczona jest podziałówka stopniowa co 5° oraz są zaznaczone symbolami zasadnicze kierunki stron świata *(N, S, E, W).* Podziałówka na pływaku, zwana różą wiatrów, jest elementem pomiarowym busoli. Pływak jest ułożyskowany na szpilce obracającej się na odpowiednio amortyzowanej panewce łożyska i umieszczony w komorze, zwanej komorą pływakową. Komora ta jest wypełniona specjalną cieczą (nafta, benzyna, ligroina) tłumiąc wahania pływaka.

W ramce komory pływakowej znajduje się szybka i pręcik kursowy, umożliwiający odczyt wskazań busoli. Komora pływakowa łączy się z komorą kompensacji wpływów temperatury. Taka budowa busoli umożliwia jej użytkowanie w szerokim zakresie temperatur dodatnich i ujemnych.



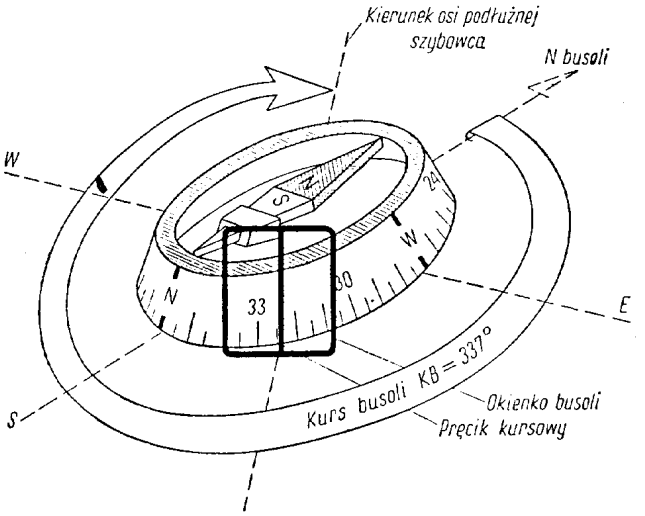


Rys. 19. Przekrój i widok ogólny busoli magnetycznej

W obudowie busoli znajduje się także komora kompensacji dewiacji, zawierająca sterowane z zewnątrz ruchome magnesiki kompensacyjne.

Poszczególne typy busoli różnią się między sobą szczegółami konstrukcyjnymi. Busola może być dodatkowo wyposażona

w oświetlenie do lotów w nocy czy w ruchomy pierścień kursowy wokół szybki, ułatwiającej zapamiętanie kursu przez odpowiednie jego oświetlenie.



Rys. 20. Pływak busoli magnetycznej — odczytywanie wskazań

Wykorzystanie lotniczych busol magnetycznych wymaga znajomości ich charakterystyk i błędów. Poza deklinacją i inklinacją busole lotnicze charakteryzują się następującymi cechami: współczynnik tłumienia, zastój pływaka, pociąganie cieczy, błąd ustawienia, błąd północny, błędy kierunków wschodnch i zachodnich.

Współczynnik tłumienia jest to stosunek dwu kolejnych amplitud pływaka busoli wytrąconego ze stałego położenia. Im większy jest współczynnik tłumienia, tym czas ustalenia się wskazań busoli po zmianie kierunku lotu jest krótszy. Od busoli lotniczej wymaga się, aby po odchyleniu o 90° pływak powrócił do poprzedniego położenia po wykonaniu nie więcej niż trzech wahnięć w czasie nie przekraczającym 25 sekund.

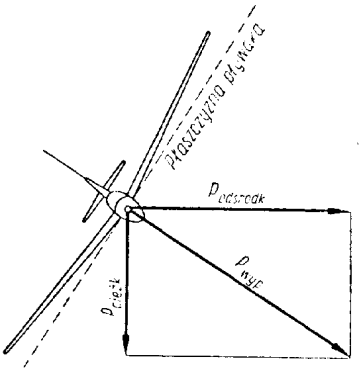
Zastój pływaka. Gdy odchylimy pływak busoli o pewien kąt, nie powróci on dokładnie do poprzedniego położenia, lecz ustawi się na nowym kierunku, różniącym się od poprzedniego o kąt rzędu $1 \div 1{,}5°$ zwanym kątem zastoju pływaka. Zastój pływaka powstaje na skutek tarcia szpilki o łożysko i pływaka o płyn.

Pociąganie cieczy. Podczas wykonywania zakrętu, ścianki obracającej się busoli pociągają za sobą ciecz, a ta z kolei

pociąga pływak, który powinien pozostawać nieruchomy. Wskutek tego obserwując busolę stwierdzamy, że prędkość kątowa zakrętu jest większa niż w rzeczywistości. Pociąganie cieczy powoduje tym większy błąd wskazań busoli, im bardziej energicznie wykonywany jest zakręt. Pociąganie cieczy zależy od takich cech konstrukcyjnych busoli, jak: kształt pływaka, gładkość ścianek komory oraz rodzaj i gęstość płynu.

Błąd ustawienia. Jeśli oś busoli nie pokrywa się z osią podłużną szybowca, lecz tworzy z nią pewien kąt, to wówczas kierunek wskazywany przez busolę będzie się różnił o ten kąt od rzeczywistego kierunku lotu szybowca. Błąd ten może być usunięty przez ustawienie busoli zgodnie z podłużną osią szybowca lub, jeśli konstrukcja busoli na to pozwala, przez zmianę położenia pręcika kursowego.

Błąd północny busoli. Podczas zakrętu busola i jej pływak przechylają się razem z szybowcem, ponieważ podlegają tym samym siłom masowym co szybowiec (rys. 21). Na magnesy umocowane do przechylonego pływaka działają siły magnetyzmu ziemskiego składowa i pionowa. Ponieważ kierunki tych składowych w odniesieniu do płaszczyzny Ziemi są stałe, to kierunki ich działania na magnesy pływaka w odniesieniu do płaszczyzny pływaka zmieniają się wraz z przechyleniem w zakręcie.



Rys. 21. Położenie płaszczyzny pływaka busoli w zakręcie

Składowa pionowa magnetyzmu ziemskiego (w odniesieniu do płaszczyzny Ziemi) działająca na północny koniec igły nie jest przy przechyleniu pływaka prostopadła do osi pionowej przyrządu, jak w locie prostym. Powoduje to obrót północnego końca igły w kierunku, w którym przechylony jest szybowiec, a wraz z nim busola.

Błąd spowodowany wyżej opisanym zjawiskiem nosi nazwę błędu północnego busoli. Wskutek tego błędu w zakrętach na kierunkach północnych pływak „obraca się" wolniej niż szybowiec w zakręcie, a na kierunkach południowych „obrót" pływaka jest szybszy niż szybowca.

W gwarze lotniczej przyjęło się określenie, że na kierunku północnym busola jest „leniwa". W związku z tym przy wyprowadzaniu szybowca z zakrętu na kierunek należy stosować następującą zasadę:

— przy zakrętach na północ należy „nie dociągać" o 10°÷30° zależnie od wielkości przechylenia,

— przy zakrętach na południe należy „przeciągać" o 10° ÷ 30°.

Błąd kierunków wschodnich i zachodnich. Podczas lotu na kierunkach wschodnich i zachodnich igła magnetyczna jest ustawiona poprzecznie do podłużnej osi szybowca. Przy zmianach prędkości następują odchylenia igły od południka, ponieważ południowy koniec igły magnetycznej, z racji umieszczonego na nim ciężarka, ma większą bezwładność niż koniec północny. Powoduje to następujące błędy wskazań busoli:

1) podczas lotu z kursem wschodnim:
   — przyrost prędkości powoduje zmniejszenie kursu,
   — spadek prędkości powoduje zwiększenie kursu,
2) podczas lotu z kursem zachodnim:
   — przyrost prędkości powoduje zwiększenie kursu,
   — spadek prędkości powoduje zmniejszenie kursu.

Po ustaleniu nowych prędkości busola wraca do poprzednich wskazań, jeśli kierunek lotu został zachowany.

Uwaga. Charakterystyka lotniczej busoli magnetycznej i jej błędy powodują, że wskazania busoli są miarodajne jedynie w locie z ustaloną prędkością.

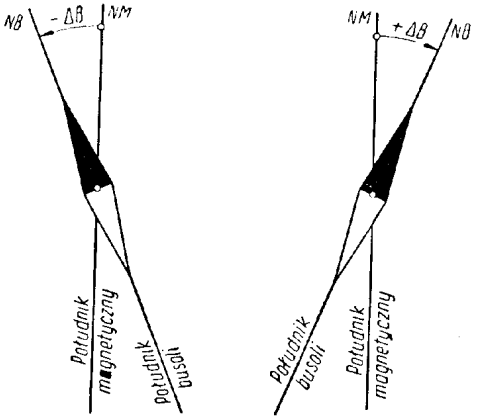
Dewiacja busoli

Na busolę na szybowcu oprócz ziemskiego pola magnetycznego działa także pole magnetyczne stalowych żelaznych części szybowca. Pole magnetyczne szybowca powoduje odchylenie igły busoli od południka magnetycznego o kąt zwany dewiacją (ΔB).

Jeśli północny koniec igły odchylony jest od północnego końca (kierunku) południka magnetycznego, to dewiacja jest dodatnia (wschodnia), a jeśli jest odchylony w lewo od południka, to dewiacja jest ujemna (zachodnia, rys. 22).

Wartość i kierunek dewiacji zależą od kierunku działania i natężenia pól magnetycznych części stalowych i żelaznych szybowca w stosunku do igły busoli.

Części stalowe szybowca wytwarzają pole magnetyczne, które w stosunku do podłużnej osi szybowca ma stały kierunek i stale natężenie. Gdyby więc dewiacja była wywołana wyłącznie przez części stalowe szybowca, podczas obrotu szybowca o 360° wokół osi pionowej zmieniałaby kierunek co 180°. Dewiację wywołaną polem magnetycznym części stalowych nazywa się dewiacją półokrężną lub półkołową (rys. 23).



Rys. 22. Dewiacja busoli

Pole magnetyczne części żelaznych nie ma stałego kierunku i natężenia. Natężenie pola magnetycznego tych części zmienia się wraz ze zmianą ich położenia w stosunku do południka magnetycznego, wywołaną przez zmianę położenia podłużnej osi szybowca.

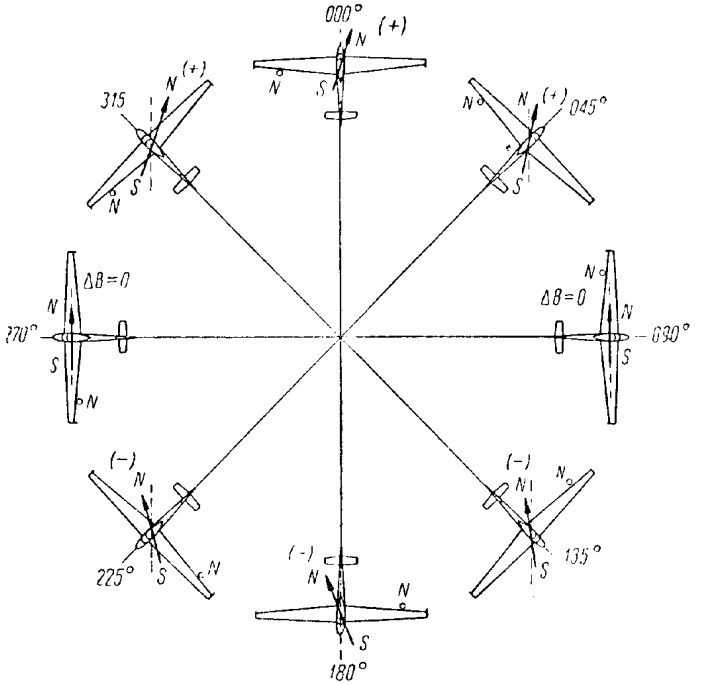
Gdyby dewiację wywoływało tylko pole magnetyczne części żelaznych, to dewiacja zmieniałaby swój znak czterokrotnie (co 90°) podczas pełnego obrotu szybowca wokół osi pionowej, ponieważ co 90° zmienia się natężenie i kierunek pola magnetycznego wywołującego dewiację.

Dewiację wywołaną częściami żelaznymi nazywa się ćwierćokrężną lub ćwierćkołową (rys. 24).

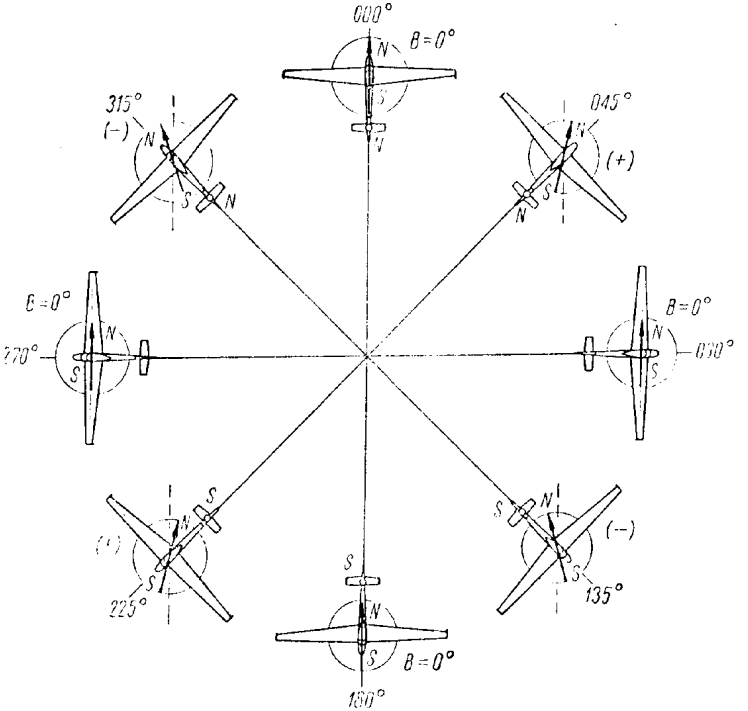
Ponieważ na igłę busoli działa jednocześnie stałe i zmienne pole magnetyczne szybowca, to siła powodująca odchylenie igły od południka magnetycznego jest wynikiem nałożenia się dewiacji pół- i ćwierćokrężnej.

Kompensacja busoli

Usuwanie dewiacji busoli nosi nazwę kompensacji busoli. Całkowite usunięcie dewiacji jest niemożliwe i dlatego kompensacja polega na zmniejszeniu dewiacji, a następnie



Rys. 23. Dewiacja półokrężna



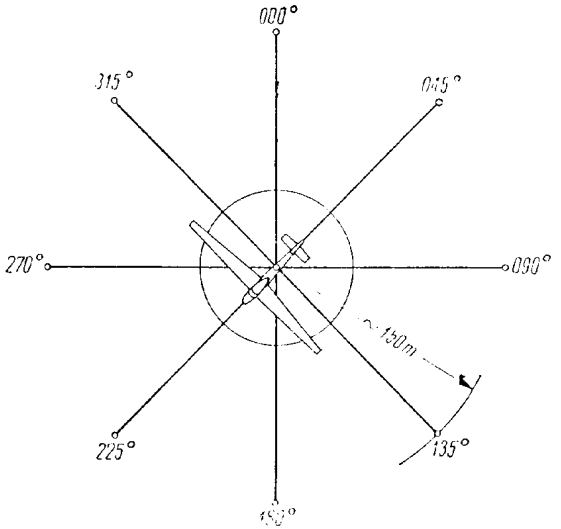
Rys. 24. Dewiacja ćwierćokrężna

określeniu jej wartości (wielkość, kierunek) dla zasadniczych kierunków wskazywanych przez busolę. Zmniejszenie dewiacji jest możliwe dzięki układowi ruchomych magnesów, równoległych i prostopadłych do podłużnej osi szybowca, umieszczonych w puszce kompensacyjnej busoli.

Kompensację busoli należy przeprowadzić:
— po naprawach,
— po wymianie części metalowych lub ich zabudowaniu,
— po wymianie busoli na szybowcu,
— co 12 miesięcy na wszystkich użytkowanych szybowcach.

Aby przeprowadzić kompensację busoli, trzeba mieć możliwość porównania kierunków wskazywanych przez busolę z kierunkami magnetycznymi. Do tego celu służy stanowisko kompensacji lub pelengator.

Stanowisko kompensacji (rys. 25) to specjalnie przystosowane miejsce, w którym wyznacza się palikami lub namalowanymi pasami zasadnicze kierunki magnetyczne co 45°.



Rys. 25. Schemat stanowiska kompensacji busoli

Pelengator jest odmianą busoli magnetycznej umieszczonej na statywie i zaopatrzonej w obrotowy celownik, umożliwiający dokładne ustalenie kierunku magnetycznego ustawienia podłużnej osi szybowca.

Kompensację busoli należy przeprowadzać w miejscu oddalonym co najmniej o 100 m od zabudowań i innych skupisk metalu. Szybowiec do kompensacji musi być ustawiony w po-

łożeniu lotu ślizgowego z pełnym wyposażeniem stałym (spadochron, przybory do kotwiczenia). Wszelkie odczyty busoli i manipulowanie magnesikami kompensacyjnymi powinny być dokonywane przy zamkniętej limuzynie i neutralnym położeniu sterownic.

Pierwsza faza kompensacji polega na ustawieniu szybowca na kursach magnetycznych (wg stanowisk kompensacji lub pelengatora) 000°, 090°, 180° i 270°, odczytaniu odpowiadających im kursów wskazywanych przez busolę oraz usunięciu dewiacji przez pokręcenie magnesików za pomocą antymagnetycznego śrubokręta.

Dewiację usuwamy:

— na kursie 000° do wartości 0° za pomocą magnesika *NS*,
— na kursie 090° do wartości 0° za pomocą magnesika *EW*,
— na kursie 180° do połowy jej wartości za pomocą magnesika *NS*,
— na kursie 270° do połowy jej wartości za pomocą magnesika *EW*.

Druga faza polega na zarejestrowaniu wartości dewiacji na ośmiu zasadniczych kierunkach i ewentualnym usunięciu błędu pozycyjnego. W tym celu ustawiamy szybowiec kolejno na następujących kursach busoli: 000° (360°), 045°, 090°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315° i posługując się pelengatorem lub stanowiskiem kompensacji obliczamy różnicę między kursem magnetycznym a kursem busoli z wzoru:

$$B = KM - (\pm KB)$$

Jeśli suma algebraiczna ośmiu różnic kursów ($B_{000^\circ} + B_{045^\circ} ... + B_{315^\circ}$ jest równa 0°, to przyjmujemy, że różnice kursów równe są dewiacji ($B = \Delta B$); jeśli suma ta jest różna od zera, to przez podzielenie jej przez 8 otrzymujemy wartość błędu ustawienia busoli (Δu).

$$\Delta u = \frac{B_{000} + B_{45^\circ} \ ... \ + B_{315^\circ}}{8}$$

Dodatni znak błędu ustawienia wskazuje na to, że wszystkie kursy busoli są mniejsze od odpowiednich kursów magnetycznych. Dla usunięcia tego błędu należy wszystkie kursy busoli powiększyć o jego wartość przez obrócenie busoli lub przesunięcie kreski kursowej w prawo. Przy ujemnym błędzie ustawienia obracamy busolę lub przesuwamy kreskę kursową w lewo.

Po usunięciu błędu ustawienia busoli można dopiero obliczyć wartość dewiacji dla ośmiu kursów ze wzoru:

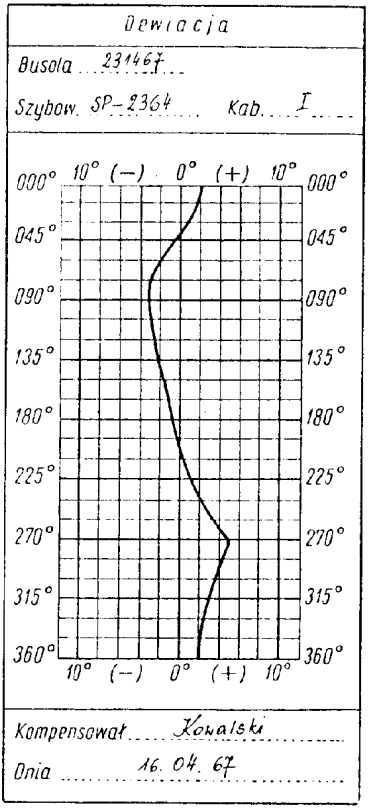
$$\Delta B = B - (\pm \Delta u)$$

Tak obliczoną dewiację należy zestawić w tablicę odchyłek busoli (rys. 26).

a

Dewiacja	
Busola 231467	
Szybow. SP-2364	
Kab. I	
KB	ΔB
000°	+2°
045°	0°
090°	−3°
135°	−2°
180°	−1°
225°	+1°
270°	+5°
315°	+3°
360°	+2°
Kompensował Kowalski	
Dnia 16.04.67	

b



Rys. 26. Tabelka odchyłek busoli

a — tabelka dewiacji, *b* — wykres dewiacji

Uwaga. Gdy suma algebraiczna różnic kursów ma wartość bezwzględną mniejszą niż 8° (błąd ustawienia mniejszy jest od 1°), wówczas przyjmujemy, że wszystkie $B = \Delta B$.

Rozdział 3

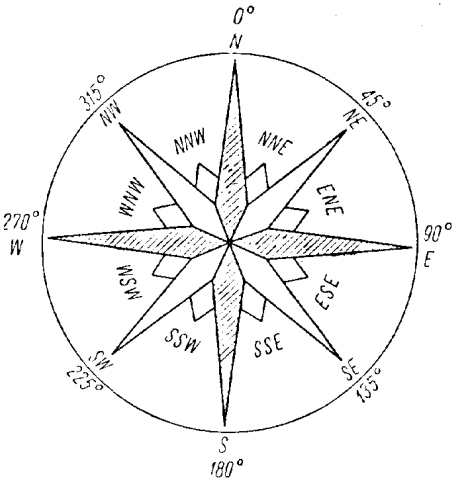
WIELKOŚCI PRZYJĘTE W NAWIGACJI

Określanie kierunków na kuli ziemskiej

Określenie kierunku jest jednym z podstawowych elementów nawigacji. W nawigacji kierunki określa się w odniesieniu do południka. Wyróżnia się przy tym cztery główne

kierunki: dwa pierwszej wielkości — północ (*N*) i południe (*S*), oraz dwa drugiej wielkości — wschód (*E*) i zachód (*W*), a także kierunki pośrednie: północny wschód (*NE*), południowy wschód (*SE*), południowy zachód (*SW*) i północny zachód (*NW*).

Pełny układ kierunków na powierzchni kuli ziemskiej, określanych stronami świata, nazywa się różą wiatrów (rys. 27). Określanie kierunków za pomocą róży wiatrów ma charakter orientacyjny i znajduje zastosowanie tam, gdzie nie jest wymagana duża dokładność (np. przy określaniu kierunku wiatru dolnego).



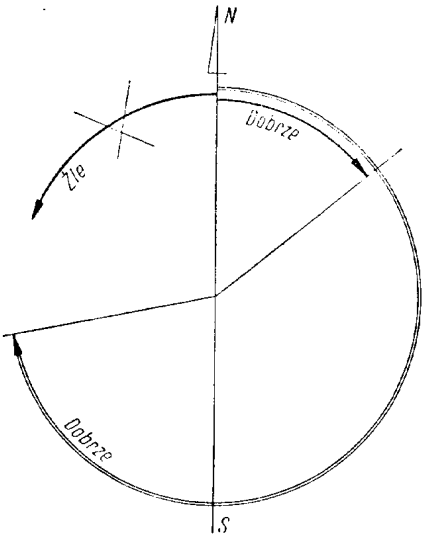
Rys. 27. Róża wiatrów — kierunki główne i pośrednie

Do celów nawigacyjnych kierunek określa się azymutem, tj. kątem zawartym między południkiem a linią wyznaczającą kierunek. Kąt ten jest mierzony w prawo (zgodnie z ruchem wskazówek zegara) od północnego zwrotu (kierunku) południka do linii kierunku, w skali stopniowej od 0° do 360° (rys. 28).

Każdy kierunek róży wiatrów można przedstawić za pomocą azymutu:

N	—	000° lub 360°	*S*	—	180°
NE	—	045°	*SW*	—	225°
E	—	090°	*W*	—	270°
SE	—	135°	*NW*	—	315°

Wartości azymutów zapisujemy zawsze jako liczby trzycyfrowe. Omawiane niżej pojęcia, kąt drogi i kurs, są azymutami.



Rys. 28. Pomiar azymutów (kursów i kątów drogi)

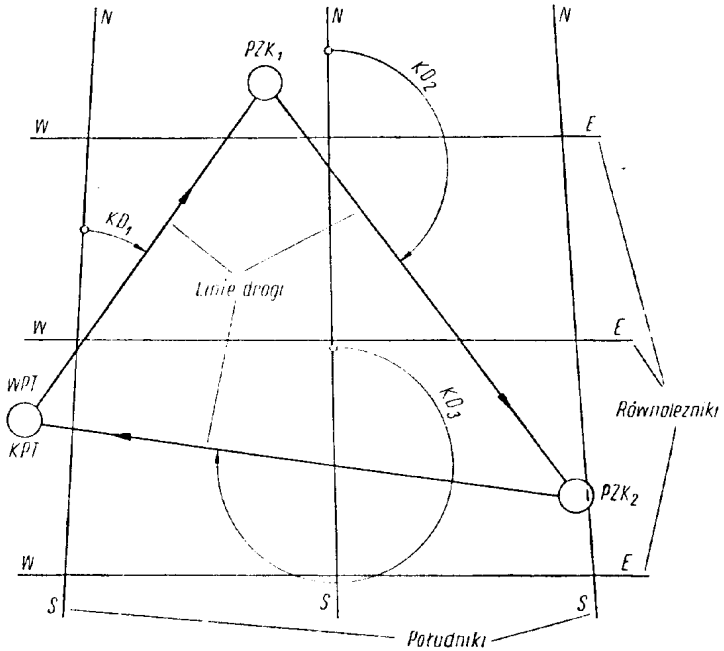
Kąt drogi geograficzny i magnetyczny

Jeśli na mapie wykreślimy odcinek prosty łączący wyjściowy punkt trasy lotu z końcowym punktem trasy, otrzymamy linię drogi. Kąt zawarty między północnym zwrotem południka a linią drogi nosi nazwę kąta drogi (*KD*). Kąt ten jest mierzony w stopniach od 0° do 360° w prawo od północnego zwrotu południka (rys. 29).

Na mapach w odwzorcowaniu wielostożkowym wykreślona linia drogi przecina południki pod różnymi kątami, ponieważ na mapach tych południki nie są równoległe, lecz zbieżne w kierunku bieguna. Do celów praktycznych wystarczy pomiar pośredniego kąta drogi, tj. pomiar w odniesieniu do południka przebiegającego przez środek trasy.

Tablica 2 przedstawia pomiar kąta drogi trójkątnym kątomierzem nawigacyjnym. Przypadek *c* ilustruje pomiar kąta drogi, gdy linia drogi nie przecina żadnego z południków naniesionych na mapie. Trójkątny kątomierz nawigacyjny ma półkolistą skalę, która umożliwia dzięki podwójnemu skalowaniu bezpośredni odczyt kąta drogi od 0° do 180° i od 180° do 360°. Przy pomiarze należy zwrócić uwagę na odpowiednie przyłożenie kątomierza tak, aby korzystać z właściwej skali (porównaj *a* z *b*), oraz na dokładne pokrycie się osi kątomierza (0° ÷ 180°) z południkiem i środka skali z przecięciem się wykreślonej linii drogi z południkiem.

Kąt drogi można również zmierzyć zwykłym szkolnym kątomierzem o skali od 0° do 180°. W tym przypadku przy pomiarze kątów drogi większych niż 180° należy początek skali kątomierza (0°) pokryć z południowym końcem południka, a do wartości otrzymanej z pomiaru dodać 180°.



Rys. 29. Kąt drogi (*KD*) na przykładzie trasy trójkąta

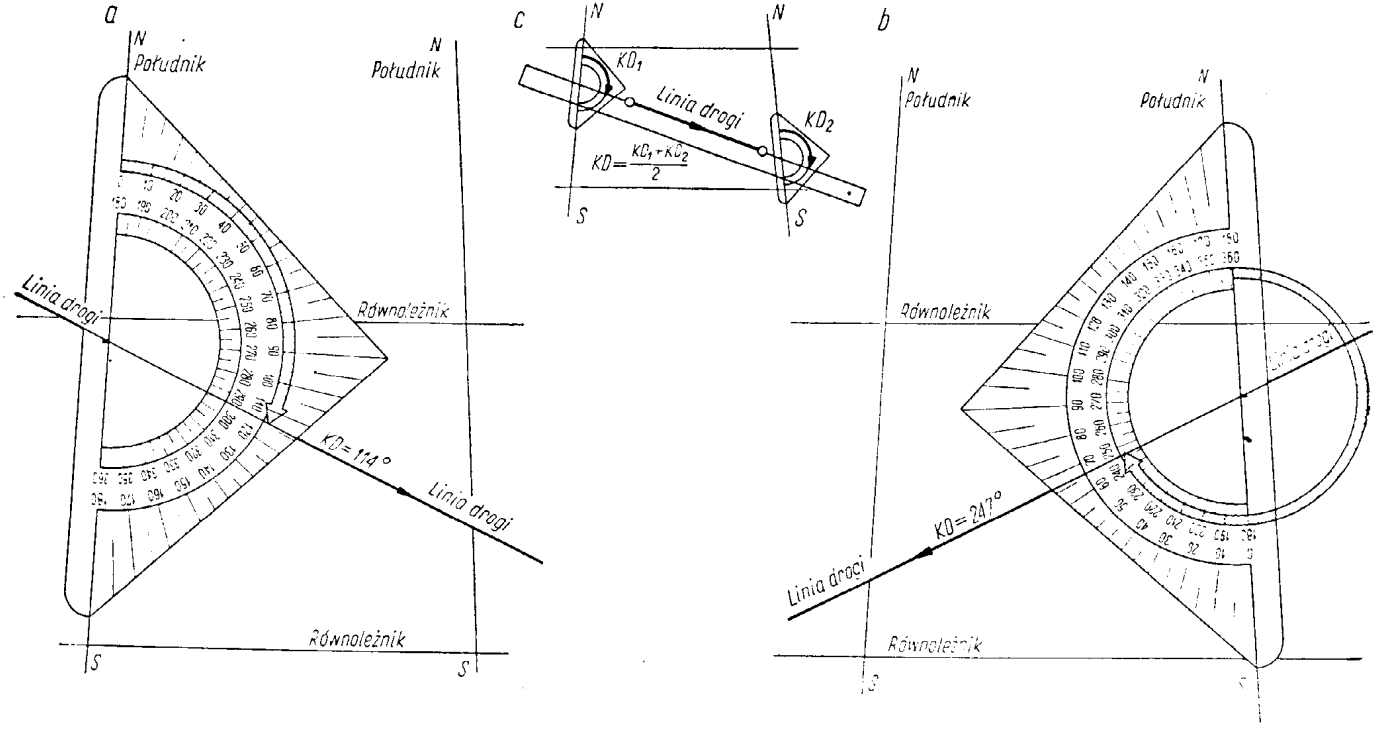
Kąt drogi zmierzony bezpośrednio z mapy w odniesieniu do południka geograficznego nosi nazwę **kąta drogi geograficznego** (*KDG*).

Kąt drogi magnetyczny (*KDM*) jest to kąt liczony od południka magnetycznego. Różni się on od kąta drogi geograficznego o wartość deklinacji magnetycznej. Kąt drogi magnetyczny można zmierzyć bezpośrednio z mapy, wykreśliwszy uprzednio południk magnetyczny, odchylony od południka geograficznego o kąt równy wartości deklinacji (w prawo — gdy deklinacja jest dodatnia, w lewo — gdy deklinacja jest ujemna, rys. 30).

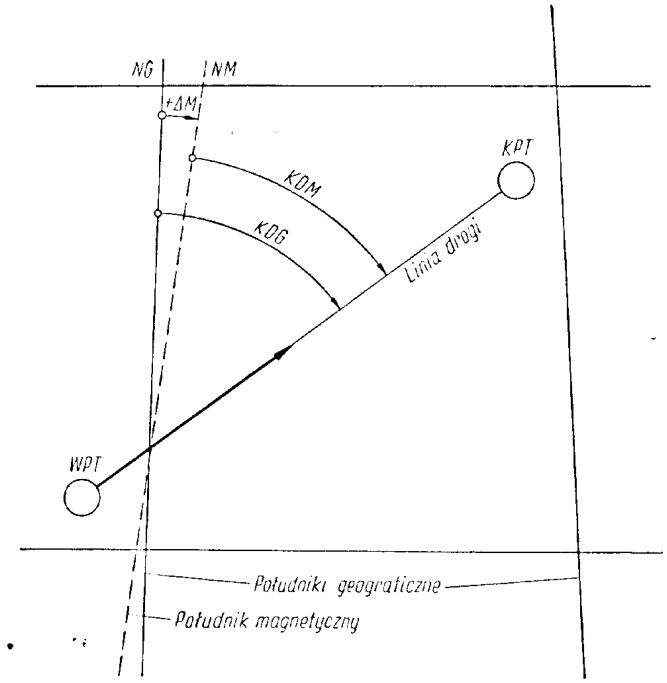
W praktyce nie mierzy się z mapy magnetycznego kąta drogi, lecz oblicza się go odejmując algebraicznie deklinację od geograficznego kąta drogi.

$$KDM = KDG - (\pm \Delta M)$$

Pomiar kąta drogi kątomierzem



(a — gdy kąt drogi jest mniejszy niż 180°, b — gdy kąt drogi jest większy niż 180°, c — gdy odcinek trasy nie przecina żadnego południka)



Rys. 30. Kąty drogi geograficzny i magnetyczny

Przy znanym kącie drogi magnetycznym, kąt drogi geograficzny można obliczyć przez dodanie algebraiczne deklinacji do magnetycznego kąta drogi.

$$KDG = KDM + (\pm \Delta M)$$

Przykłady:

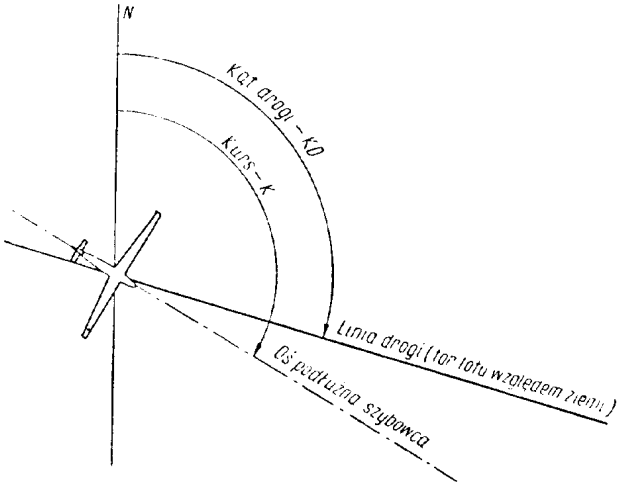
1) $KDM = 317°$; $\Delta M = -3°$; $KDG = ?$
   $KDG = 317° (-3°) = 317° - 3° = 314°$
2) $KDG = 450°$; $\Delta M = +4°$; $KDM = ?$
   $KDM = 045° (-4°) = 041°$.

Kąt drogi wybranej i wykreślonej trasy nazywamy nakazanym kątem drogi *(NKD)*. W praktyce nie zawsze lecimy wzdłuż obranej trasy, lecz poruszamy się pod pewnym kątem do niej. Wówczas lecimy z innym kątem drogi, zwanym rzeczywistym kątem drogi *(RKD)*.

Nakazany i rzeczywisty kąt drogi można rozróżniać w układzie geograficznym (wtedy mówimy o nakazanym kącie drogi geograficznym — *NKDG*, i rzeczywistym kącie drogi geograficznym — *RKDG*) lub w układzie magnetycznym *(NKDM* i *RKDM)*.

Kurs

Wydaje się, że aby lecieć wzdłuż linii drogi, wystarczy zgodnie z tą drogą skierować podłużną oś szybowca. W rzeczywistości jest to wystarczające tylko wówczas, gdy nie wieje wiatr boczny do trasy. Utrzymanie szybowca wzdłuż trasy przy locie z bocznym wiatrem, wymaga odchylenia osi podłużnej szybowca od linii drogi „pod wiatr". Wynika z tego konieczność odróżnienia kierunku osi podłużnej szybowca od kąta drogi (rys. 31).

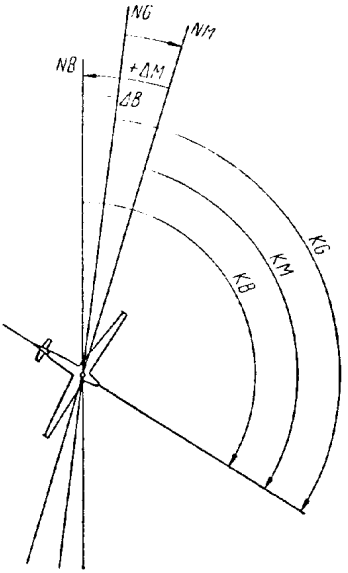


Rys. 31. Kąt drogi a kurs

Kąt zawarty między północnym końcem południka a podłużną osią szybowca jest nazywany **kursem szybowca** lub krótko — kursem. Jest on mierzony w prawo od północnego zwrotu południka od 0° do 360°.

Kurs pokazuje nam, w jakim kierunku w stosunku do północy skierowany jest przód szybowca, niezależnie od tego, jaki jest kierunek lotu szybowca względem Ziemi. Przez każdy punkt, nad którym znajduje się w danej chwili szybowiec, przechodzi południk geograficzny i magnetyczny, odchylone od siebie o kąt zwany deklinacją. Można również przez ten punkt przeprowadzić umowny południk busoli, odchylony od południka magnetycznego o kąt równy dewiacji busoli (rys. 32). Stąd przy zachowaniu stałego kierunku osi podłużnej szybowca można pomierzyć trzy kursy, różniące się zwykle między sobą o kilka stopni:

— kurs geograficzny (*KG*), mierzony od południka geograficznego,
— kurs magnetyczny (*KM*), mierzony od południka magnetycznego,
— kurs busoli (*KB*), odczytywany przez pilota w locie, mierzony od umownego południka busoli.



Rys. 32. Kursy: geograficzny, magnetyczny i busoli

W obliczeniach nawigacyjnych posługujemy się wszystkimi rodzajami kursów i dlatego należy umieć szybko i bezbłędnie przeliczać jeden rodzaj kursu na inny.

Rysunek 32 przedstawia graficzną metodę porównania i przeliczania kursów. Z rysunku tego widać wyraźnie, że:

a) kurs magnetyczny różni się od kursu geograficznego o wartość deklinacji,
b) kurs busoli różni się od magnetycznego o wartość dewiacji,
c) kurs busoli różni się od kursu geograficznego o sumę algebraiczną deklinacji i dewiacji, tzw. **wariację** (*ΔV*).

Przy stosowaniu graficznej metody przeliczania kursów należy pamiętać, że wartość i znak dewiacji busoli zmieniają się wraz ze zmianą kursu, a więc dany południk busoli może się odnosić tylko do danego kursu.

Metoda graficzna, pozwalająca zrozumieć zasadę przeliczania kursów, nie jest stosowana w praktyce. W obliczeniach nawigacyjnych przy przeliczaniu kursów, podobnie jak przy prze-

liczaniu kątów drogi, posługujemy się metodą algebraiczną, stosując następujące wzory:

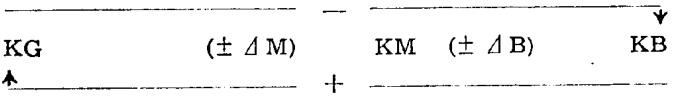
$$KM = KG - (\pm \Delta M)$$
$$KB = KM - (\pm \Delta B)$$

i odwrotnie:

$$KM = KB + (\pm \Delta B)$$
$$KG = KM + (\pm \Delta M)$$

Aby uniknąć pomyłek, dobrze jest zapamiętać następującą zasadę. Przechodząc od kursu geograficznego przez magnetyczny do kursu busoli odejmujemy algebraicznie poprawki (ΔM i ΔB), a przechodząc od kursu busoli do geograficznego przez magnetyczny dodajemy poprawki.

Można to zilustrować następującym schematem:



Przykłady:

1) KG = 011°; ΔM = —4°; KM = ?
   KM = 011° — (—4°) = 011° + 4° = 015°
2) KM = 093°; ΔB = + 6°; KB = ?
   KB = 093° — (+6) = 093° — 6° = 087°
3) KB = 003°; ΔB = — 6°; KM = ? (KB · 003° = 363°)
   KM = 363 + (— 6°) = 363° — 6° = 357°
4) KM = 358°; ΔM = + 4°; KG = ?
   KB = 358 + (+4°) = 358° + 4° = 362° = 002°

Uwaga. Jeżeli w celu przeliczania kursu trzeba od kursu odjąć bezwzględną wartość poprawki przewyższającej bezwzględną wartość samego kursu, należy kurs powiększyć o 360° i dopiero wykonać działanie, jak w przykładzie trzecim. Jeżeli z przeliczenia kursu wyniknie kurs większy niż 360°, od wyniku należy odjąć 360°, jak w przykładzie czwartym. Uwagi te mające zastosowanie do kierunków północnych, dotyczą również przeliczania kątów drogi.

Do szybkiego przeliczania kursu geograficznego na kurs busoli i odwrotnie, można posłużyć się wariacją:

$$\Delta V = (\pm \Delta M) + (\pm \Delta B)$$

Wówczas wzór przyjmie następującą postać:

$$KB = KG - (\pm \Delta V)$$
$$KG = KB + (\pm \Delta V)$$

Przykłady:

1) $KB = 315°$; $\Delta M = -1°$; $\Delta B = +3°$; KG = ?
   $\Delta V = (-1°) + (+3°) = -1° + 3° + 2°$
   $KG = 315° + (+2°) = 315° + 2° = 317°$

2) $KG = 067°$; $\Delta M = +4°$; $\Delta B = -3°$; $KB = ?$

$V = (+4° + (-3°) = 4° - 3° = +1°$

$KB = 067° - (+1°) = 067° - 1° = 066°$

Oznaczanie kierunku i prędkości wiatru

Podstawą większości obliczeń nawigacyjnych jest znajomość kierunku i prędkości wiatru. W komunikatach meteorologicznych przyjęto podawać kierunek — skąd wieje wiatr. Kierunek ten nosi nazwę meteorologicznego kierunku wiatru (D_m).

Prędkość wiatru (U) podaje się w m/s lub w km/h. Dla wiatrów wiejących w warstwie przyziemnej — od 0 do 400 m podaje się meteorologiczny kierunek wiatru wg róży wiatrów, np. *NW*, lub rzadziej w stopniach, np. 315°, a prędkość w m/s. Dla wiatrów na wysokości powyżej 400 m, zwanych wiatrami górnymi, meteorologiczny kierunek wiatru podaje się w stopniach, np. 240°, a prędkość w km/h, np. 60 km/h.

W obliczeniach nawigacyjnych meteorologiczny kierunek wiatru zamienia się na nawigacyjny kierunek wiatru (D), to jest na kierunek — dokąd wiatr wieje (rys. 33). Meteorologiczny kierunek wiatru jest odmierzany od południka geograficznego, a kierunek nawigacyjny jest kierunkiem odniesionym od południka magnetycznego.

Aby zamienić kierunek meteorologiczny wiatru na kierunek nawigacyjny, należy do kierunku podanego w komunikacie meteorologicznym dodać 180°, jeśli jest on mniejszy niż 180°, lub odjąć, jeśli jest większy niż 180°, a następnie od otrzymanej wartości odjąć algebraicznie deklinację.

$$D = D_m + (\pm 180°) - (\pm \Delta M)$$

W praktyce, szczególnie w szybownictwie, pomija się odejmowanie deklinacji (rys. 32) i wówczas:

$$D = D_m + (\pm 180°)$$

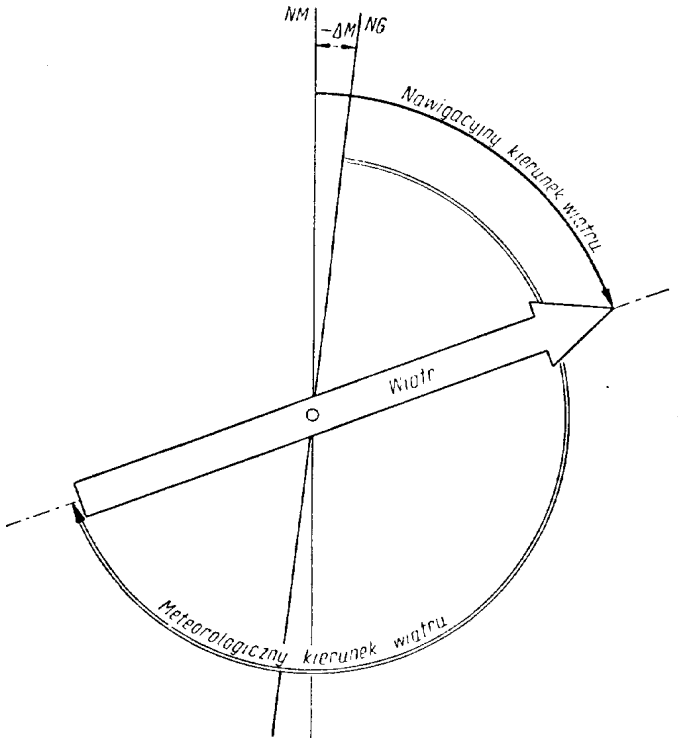
Do obliczeń nawigacyjnych stosuje się prędkość wiatru wyrażaną w km/h. Zachodzi więc konieczność zamiany prędkości wiatru podawanej w m/s na km/h. Aby tego dokonać, należy prędkość podaną w m/s pomnożyć przez 3,6. W praktyce można to obliczenie przeprowadzić w pamięci przez przemnożenie prędkości wiatru przez 4 i odjęcie 10% od otrzymanego wyniku.

Przykłady:

1) 10 m/s = ? km/h

$10 \cdot 3{,}6 = 36$ km/h

lub $10 \cdot 4 = 40$ ← $10\% = 4$



Rys. 33. Meteorologiczny i nawigacyjny kierunek wiatru

40 — 4 = 36 km/h

2) 18 m/s = ? km/h

18 • 3,6 = 64,8 km/h ≈ 65 km/h

lub: 18 • 4 = 72 10% ≈ 7,2 = 7

72 — 7 = 65 km/h.

Przeliczanie prędkości wiatru podanej w km/h na prędkość w m/s polega na podzieleniu wartości podanej w km/h przez 3,6.

Prędkość lotu

W fizyce przez pojęcie prędkości rozumie się stosunek drogi przebytej przez jakieś ciało do czasu jej przebycia. Prędkość jest obliczana z ogólnego wzoru:

$$v = \frac{S}{t}$$

W lotnictwie, a w szczególności w nawigacji lotniczej, istotne znaczenie ma odróżnienie prędkości samolotu lub szybowca osiąganej w stosunku do otaczającego powietrza, od prędkości osiąganej w stosunku do Ziemi.

Jak wiemy z meteorologii, masy powietrza zwykle przemieszczają się z pewną prędkością w stosunku do powierzchni Ziemi. Szybowiec lecący w przesuwającej się masie powietrza jest więc razem z nią przesuwany względem Ziemi, zgodnie z siłą i kierunkiem wiatru, i ma inną prędkość w stosunku do masy powietrza, a inną w stosunku do Ziemi. Tylko przy locie w ciszy prędkości te będą sobie równe. Prędkość względem powietrza, zwana **prędkością powietrzną** (*V*) jest stosunkiem drogi, jaką przeleci szybowiec lub samolot w otaczającej go masie powietrza do czasu jej przebycia.

W otaczającej szybowiec masie powietrza brak jest widocznych punktów odniesienia, w stosunku do których można by pomierzyć drogę przebytą przez szybowiec. Prędkość powietrza można zmierzyć tylko prędkościomierzem, działającym na zasadzie pomiaru różnicy ciśnień, zależnej od prędkości lotu.

Prędkość odczytana z prędkościomierza (V_i), tzw. **prędkość instrumentalna**, różni się od prędkości powietrznej rzeczywistej o błąd własny przyrządu, o błąd wynikający z wpływu aerodynamicznego części szybowca na dyszkę pomiarową oraz o błąd metodyczny wynikający z tego, że prędkościomierz jest skalowany w warunkach atmosfery wzorcowej, a pracuje w innych warunkach. W praktyce do celów nawigacji szybowcowej, podczas lotów wykonywanych do wysokości 2000 m nad poziom morza, nie uwzględnia się błędów prędkościomierza i przyjmuje się, że prędkość odczytana z przyrządu równa jest prędkości powietrznej.

Prędkość szybowca względem Ziemi nosi nazwę **prędkości podróżnej** (*W*). Prędkość podróżna jest prędkością złożoną z prędkości powietrznej szybowca, z którą szybowiec leci w otaczające go masie powietrza, i prędkości tej masy powietrza, która „unosi" z sobą szybowiec względem Ziemi. Prędkość podróżna może być obliczona na podstawie drogi przebytej przez szybowiec względem Ziemi i czasu lotu, ponieważ na Ziemi znajduje się wiele punktów odniesienia, umożliwiających dokładny pomiar długości przebytej drogi.

W dalszych rozdziałach będziemy się również posługiwać następującymi określeniami prędkości:
— prędkość przeskoku (V_s),
— prędkość przelotowa (V_p),
— prędkość podróżna przelotu (*W*).

Dokładne zrozumienie tych pojęć jest niezbędne do opanowania podstaw nawigacji szybowcowej. Dlatego też dobrze jest porównać omówienie tych pojęć z rozdziałem VIII podręcznika pt. „Zasady pilotażu", wydanego w cyklu Biblioteka Aeroklubu PRL — „Szkolenie Szybowcowe".

Prędkość przeskoku (V_s) jest prędkością, jaką osiąga szybowiec na odcinku lotu prostego przelotu szybowcowego. Jest to prędkość powietrzna i może być mierzona prędkościomierzem.

Prędkość przelotowa (V_p) jest to stosunek drogi w masie powietrza jaką przebywa szybowiec podczas przelotu do czasu trwania przelotu. Na czas przelotu składa się zarówno czas krążenia w kominach termicznych (t_w), jak i czas lotu na odcinkach prostych (t_s). Prędkość przelotowa jest również prędkością względem masy powietrza.

Prędkość podróżna przelotu (W) jest to stosunek drogi przebytej przez szybowiec względem Ziemi, mierzonej wzdłuż linii prostej, do czasu przebycia tej drogi.

Uwaga. Przepisy sportowe, a za nimi i codzienny język lotniczy przez pojęcie „prędkość przelotowa" określają tę prędkość, która w podręczniku „Nawigacja Szybowcowa" jest nazywana „prędkością podróżną".

Rozdział 4

WPŁYW WIATRU NA LOT

Prędkości są wielkościami kierunkowymi, tzn. że oprócz wartości wyrażonej w km/h mają odpowiedni kierunek i zwrot. Należy o tym pamiętać przy składaniu prędkości.

Prędkość, podobnie jak siły, przedstawia się graficznie za pomocą wektorów, a składanie (dodawanie i odejmowanie) prędkości przeprowadza się drogą działań na wektorach. Przypomnienie działań na wektorach znajdzie Czytelnik w podręczniku pt. „Mechanika Lotu" (rozdz. I), wydanym w cyklu Biblioteka Aeroklubu PRL — „Szkolenie Szybowcowe".

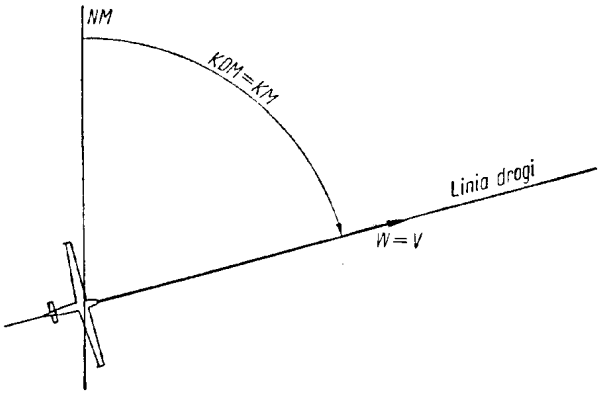
Rozpatrując wpływ wiatru na lot szybowca będziemy się posługiwać składaniem wektorów prędkości powietrznej szybowca, prędkości wiatru oraz prędkości podróżnej. Kierunki tych wektorów będziemy odnosić do południka magnetycznego, pamiętając o tym że:

— kurs magnetyczny *(KM)* jest kierunkiem wektora prędkości powietrznej (V lub V_s),
— nawigacyjny kierunek wiatru *(D)* jest kierunkiem wektora prędkości wiatru *(U)*,
— kąt drogi magnetyczny *(KDM)* jest kierunkiem wektora prędkości podróżnej *(W)*.

Zależności te są przedstawione graficznie w dalszej części rozdziału, przy omawianiu nawigacyjnego trójkąta prędkości.

Lot szybowca w ciszy

Jeżeli szybowiec wykonuje lot prostoliniowy w ciszy, jego oś podłużna pokrywa się z kierunkiem ruchu szybowca w stosunku do Ziemi. Kurs magnetyczny szybowca równy jest wtedy kątowi magnetycznemu, a prędkość powietrzna jest równa prędkości podróżnej (rys. 34):



Rys. 34. Lot szybowca w ciszy ($U = O$)

gdy $U = 0$ to $KM = KDM$
$V = W$

Uwaga. Jeśli szybowiec krąży w ciszy, to jego prędkość podróżna jest równa 0, gdyż szybowiec znajduje się w tym czasie nad jednym punktem względem Ziemi i nie pokonuje odległości.

Lot szybowca w łożu wiatru

Podczas lotu prostoliniowego szybowca w łożu wiatru, tzn. z wiatrem czołowym lub tylnym, oś podłużna szybowca, tak jak w locie w ciszy, pokrywa się z kierunkiem lotu szybowca w stosunku do Ziemi. Kurs magnetyczny szybowca równy jest

kątowi drogi magnetycznemu, a prędkość podróżna jest sumą algebraiczną prędkości powietrznej i prędkości wiatru.

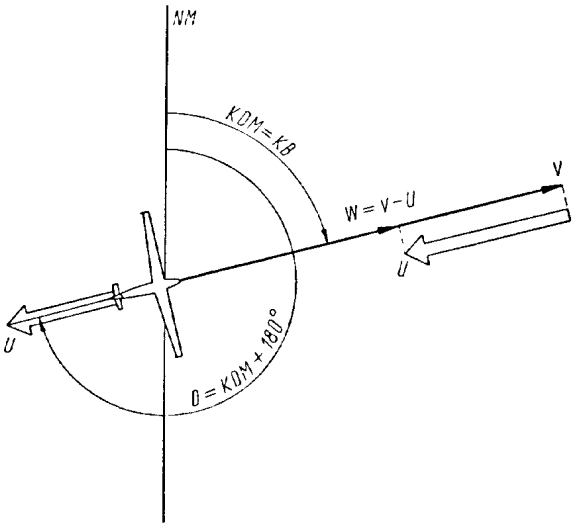
Gdy wiatr jest czołowy — prędkość podróżna jest mniejsza od prędkości powietrznej o prędkość wiatru (rys. 35), a przy tylnym wietrze — jest większa o prędkość wiatru (rys. 36):

— wiatr czołowy: $KM = KDM$

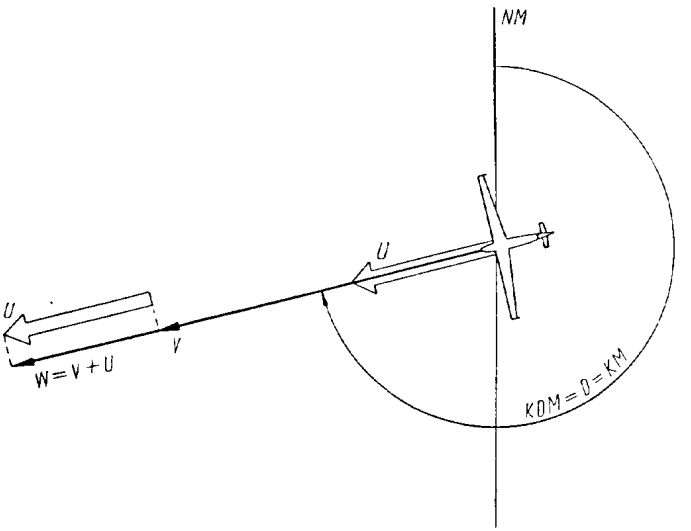
$W = V - U$

— wiatr tylny: $KM = KDM$

$W = V + U$

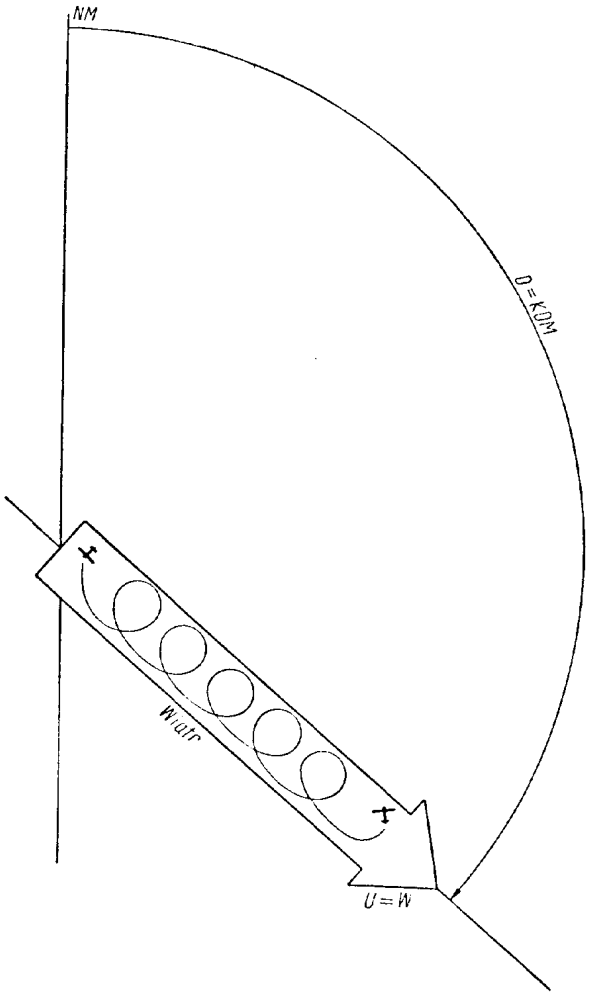


Rys. 35. Lot szybowca z wiatrem czołowym



Rys. 36. Lot szybowca z wiatrem tylnym

Uwaga. Jeżeli szybowiec przy wietrze wykonuje krążenie, to wówczas przesuwa się względem Ziemi z prędkością i w kierunku, w którym wieje wiatr. W tym przypadku kąt drogi magnetyczny szybowca równy jest nawigacyjnemu kierunkowi wiatru, a prędkość podróżna równa jest prędkości wiatru (rys. 37); gdy szybowiec krąży, a $U > 0$, wówczas: $KDM = D$ $W = U$



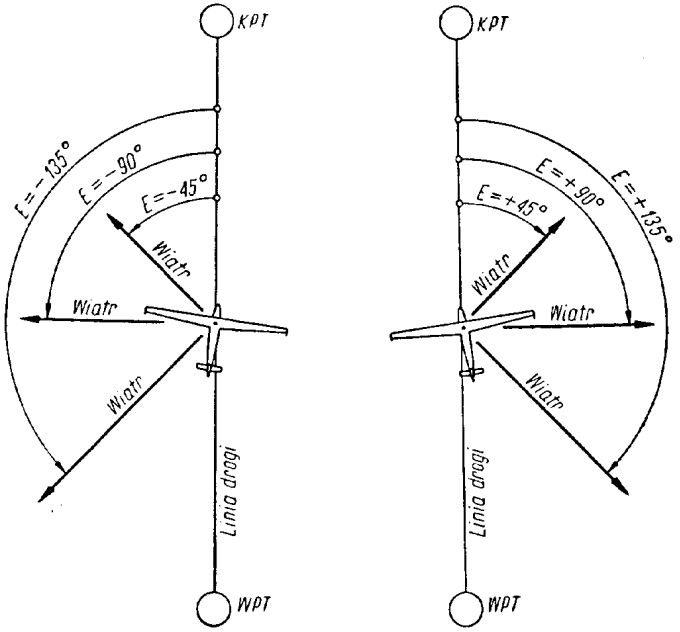
Rys. 37. Znoszenie szybowca przez wiatr podczas krążenia

Kąt wiatru

Zanim zajmiemy się wpływem wiatru bocznego na lot szybowca, musimy poznać pojęcie: kąt wiatru.

Kąt wiatru *(E)* jest to kąt zawarty między linią drogi a nawigacyjnym kierunkiem wiatru, mierzony od linii drogi do kierunku wiatru w prawo (dodatni kąt wiatru) lub w lewo (ujemny kąt wiatru) w stopniach, od 0° do 180° (rys. 38). Kąt wiatru oblicza się ze wzoru:

$$E = D - KDM$$



Rys. 38. Kąt wiatru

Przykłady:

1) $KDM = 145°$; $D = 315°$; $E = ?$
   $E = 315° - 145° = +170°$
2) $KDM = 185°$; $D = 125°$ $E = ?$
   $E = 125° - 185° = -60°$

Jeśli z wyliczenia kąta wiatru wg powyższego wzoru wyjdzie wartość dodatnia większa niż 180°, to wówczas należy odjąć od niej 360°, a otrzymany wynik stanowi kąt wiatru.

Przykład:

1) $KDM = 060°$; $D = 315°$; $E = ?$
$E = 315° - 060° = 255°$
$E = 255° - 360° = -105°$

Jeżeli z wyliczeń wyjdzie wartość ujemna większa niż 180°, to wówczas należy do niej dodać 360°, a otrzymany wynik stanowi kąt wiatru.

Przykład:

1) $KDM = 340°$; $D = 035°$; $E = ?$
$E = 035° - 340° = -305°$
$E = -305° + 360° = +55°$

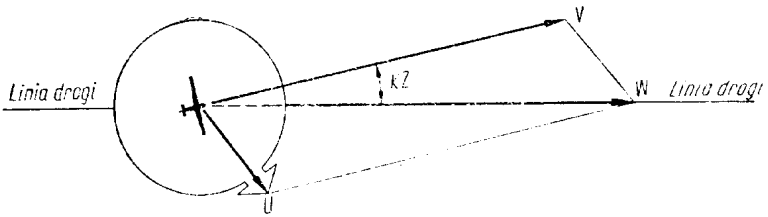
Wielkość i znak kąta wiatru informuje nas, jaki jest kierunek wiatru w stosunku do trasy lotu:
— gdy $E = 0°$ — wiatr jest tylny do trasy,
— gdy $E = 180°$ — wiatr jest czołowy do trasy,
— gdy E ma wartość dodatnią (+), wiatr wieje z lewej strony do trasy i znosi szybowiec w prawo,
— gdy E ma wartość ujemną (—), wiatr wieje z prawej strony do trasy i znosi szybowiec w lewo,
— gdy $E = 90°$, wiatr jest boczny do trasy,
— gdy E jest zawarty pomiędzy 0° i 90° — wiatr jest tylno-boczny do trasy,
— gdy E jest zawarty pomiędzy 90° a 180°, wiatr jest czołowo-boczny do trasy.

Podstawowy nawigacyjny trójkąt prędkości

Podczas lotu prostoliniowego z bocznym wiatrem szybowiec lecący z pewną prędkością powietrzną *(V)* przesuwa się również wraz z masą powietrza, w której leci, z prędkością i kierunkiem wiejącego wiatru (rys. 39). Wskutek tego tor lotu szybowca względem Ziemi nie jest zgodny z osią podłużną szybowca, lecz tworzy z nią pewien kąt, zwany **kątem znoszenia** *(KZ)*.

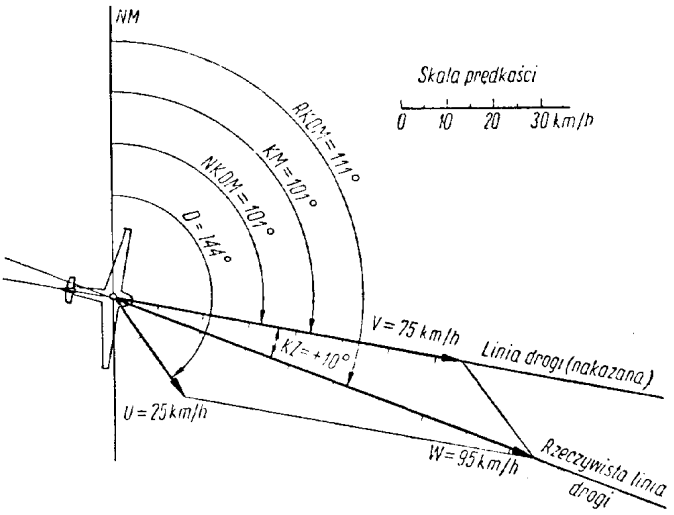
Prędkość lotu szybowca względem Ziemi, czyli prędkość podróżna *(W)*, jest wypadkową prędkości powietrznej szybowca *(V)* i prędkości wiatru *(U)*.

Jeżeli szybowiec jest znoszony w prawo do linii drogi przez wiatr wiejący z lewej strony, to kąt znoszenia jest dodatni (+), a jeśli szybowiec jest znoszony w lewo przez wiatr wiejący z prawej strony, to kąt znoszenia jest ujemny (—). Kąt znoszenia bywa również nazywany w nawigacji **derywacją.**



Rys. 39. Wpływ wiatru bocznego na lot szybowca
V — prędkość powietrzna, *W* — prędkość podróżna, *U* — prędkość wiatru, *KZ* — kąt znoszenia

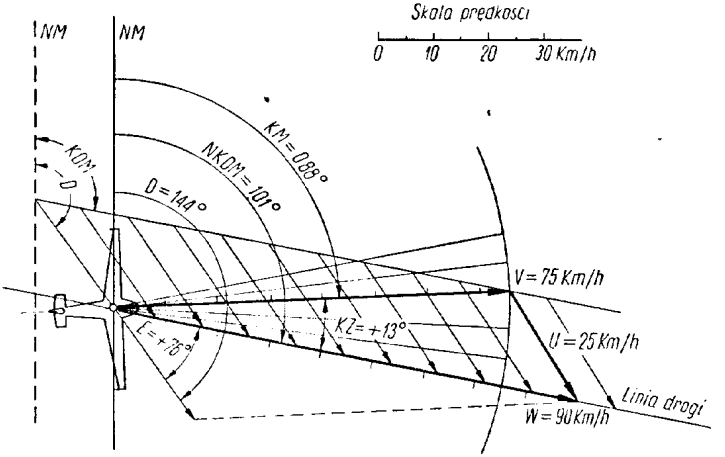
Gdy przy wietrze bocznym do nakazanej trasy szybowiec zostanie skierowany na linię drogi z kursem magnetycznym równym nakazanemu magnetycznemu kątowi drogi, to wówczas szybowiec będzie znoszony przez wiatr w bok od trasy pod kątem równym kątowi znoszenia, i będzie leciał wzdłuż innej, rzeczywistej linii drogi, z rzeczywistym kątem drogi (*RKDM*) różnym od nakazanego magnetycznego kąta drogi o kąt znoszenia (rys. 40).



Rys. 40. Znoszenie szybowca przez wiatr boczny do trasy, gdy szybowiec leci z kursem magnetycznym równym nakazanemu kątowi drogi magnetycznej

W celu uniknięcia znoszenia od trasy lotu przez wiatr boczny do trasy, należy odchylić pod wiatr oś podłużną szybowca o tyle stopni, aby wypadkowa wektora prędkości powietrznej

szybowca (*V*) i wektora prędkości (*U*) była skierowana wzdłuż linii drogi (rys. 41). Wówczas szybowiec będzie leciał wzdłuż linii drogi, z kursem magnetycznym (*KM*) różniącym się od nakazanego kąta drogi (*NKDM*) o kąt znoszenia (*KZ*).



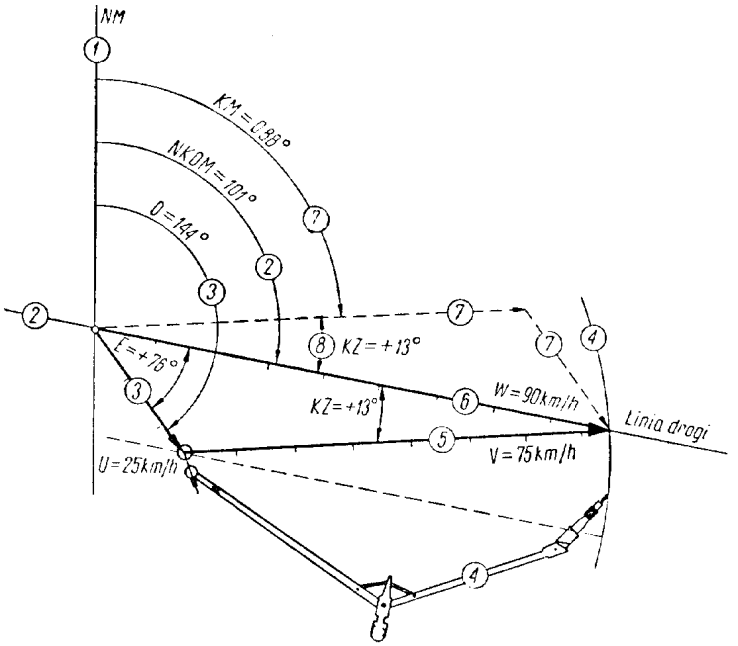
Rys. 41. Nawigacyjny trójkąt prędkości (*V* = 75 km/h, *U* = 25 km/h, *NKDM* = 101°, *D* = 144°)

Inaczej mówiąc, w celu wyeliminowania znoszenia szybowca od nakazanej trasy, należy lecieć z kursem magnetycznym różniącym się od nakazanego kąta drogi magnetycznej o kąt znoszenia. Aby to uczynić, trzeba znać wartość i znak kąta znoszenia.

Znając nakazany kąt drogi magnetyczny, prędkość powietrzną oraz prędkość i nawigacyjny kierunek wiatru, kąt znoszenia, a także prędkość podróżną można obliczyć na suwaku nawigacyjnym, graficznie, a nawet w pamięci.

Graficzną metodę znajdowania kąta znoszenia obrazuje rysunek 41. Na rysunku tym widzimy trójkąt utworzony przez wektory prędkości powietrznej, podróżnej i wiatru. Trójkąt ten nosi nazwę nawigacyjnego trójkąta prędkości. Kolejność czynności przy wykreślaniu nawigacyjnego trójkąta prędkości przedstawia rysunek 42. Zrozumienie i przyswojenie sobie zasady trójkąta prędkości stanowi podstawę wszelkich obliczeń nawigacyjnych, a także kalkulacji dokonywanych przez pilota w locie.

Z analizy nawigacyjnego trójkąta prędkości można wyciągnąć następujące wnioski praktyczne.



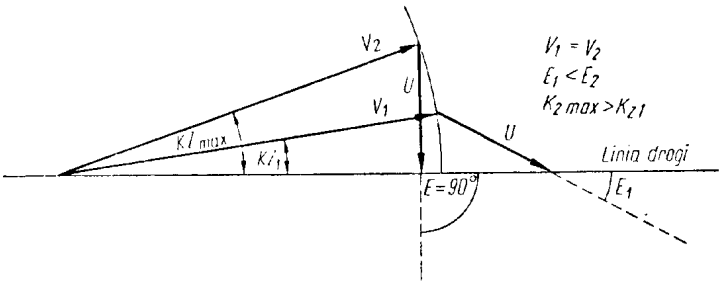
Rys. 42. Wykreślanie nawigacyjnego trójkąta prędkości metodą uproszczoną; liczby w kółkach oznaczają kolejność czynności przy wykreślaniu

1) Przy znanym magnetycznym kącie drogi i znanym kącie znoszenia kurs magnetyczny obliczamy odejmując algebraicznie od magnetycznego kąta drogi kąt znoszenia,
   $KM = KDM - (\pm KZ)$.
2) Przy znanym kursie magnetycznym i znanym kącie znoszenia kąt drogi magnetyczny obliczamy dodając algebraicznie do kursu magnetycznego kąt znoszenia,
   $KDM = KM + (\pm KZ)$.
3) Znając kąt drogi magnetyczny i kurs można obliczyć kąt znoszenia odejmując algebraicznie od kąta drogi magnetycznej kurs magnetyczny,
   $KZ = KDM - KM$.

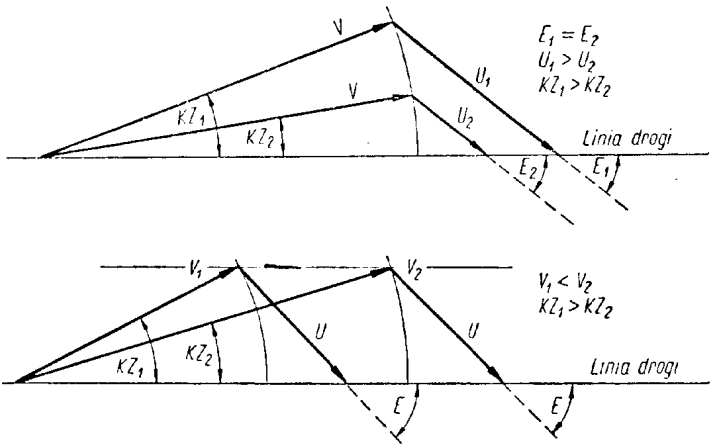
Kąt znoszenia ma zawsze taki sam znak, jak kąt wiatru.

4) Wartość kąta znoszenia zależy od kąta wiatru (rys. 43). Maksymalny kąt znoszenia (KZ max) występuje przy kącie wiatru 90°, tzn. przy wietrze prostopadłym do trasy.
5) Wartość kąta znoszenia zależy także od stosunku prędkości wiatru (*U*) do prędkości powietrznej (*V*). Zależność tę przedstawia rysunek 44. Przy stałej prędkości wiatru

zmniejszenie prędkości powietrznej powoduje wzrost kąta znoszenia, a wzrost prędkości powietrznej — zmniejszenie kąta.



Rys. 43. Zależność kąta znoszenia od kąta wiatru

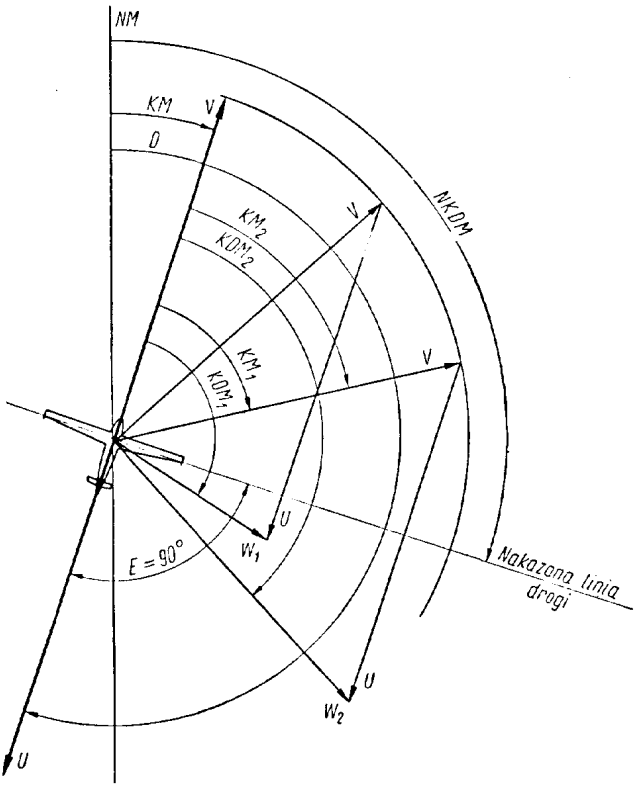


Rys. 44. Zależność kąta znoszenia od stosunku prędkości wiatru (*U*) do prędkości powietrznej (*V*)

Przy stałej prędkości powietrznej wzrost prędkości wiatru powoduje wzrost kąta znoszenia, a zmniejszenie prędkości wiatru pociąga za sobą zmniejszenie tego kąta.

6) Przy prędkości wiatru równej prędkości powietrznej szybowca i kącie wiatru $E = 90°$, lot wzdłuż wybranej linii drogi jest w ogóle niemożliwy (rys. 45).

7) Prędkość podróżna zależy od prędkości powietrznej, prędkości wiatru i kąta zawartego pomiędzy podłużną osią szybowca a kierunkiem wiatru. Zależność ta jest bardzo złożona. Do celów praktycznych uwzględnia się: prędkość powietrzną, prędkość wiatru i kąt wiatru E (będący kątem



Rys. 45. Wpływ wiatru bocznego wiejącego pod kątem 90° do nakazanej linii drogi, gdy prędkość wiatru (U) równa jest prędkości powietrznej (V)

zawartym pomiędzy linią drogi a nawigacyjnym kierunkiem wiatru). Gdy kąty wiatru są mniejsze niż 90°, wówczas prędkość podróżna jest większa od prędkości powietrznej, a gdy kąty wiatru są większe niż 90°, prędkość podróżna jest mniejsza od prędkości powietrznej.

Zależności kąta znoszenia i prędkości podróżnej od kąta wiatru można zestawić w następującej tablicy:

	E		*KZ*	*W*
prędkość podróżna większa	0° i 180°	prędkość podróżna mniejsza	0°	$W = V \pm U$
	30° i 150°		$KZ = 0{,}5\ KZ\ \max$	$W = V \pm 0{,}9\ U$
	45° i 135°		$KZ = 0{,}7\ KZ\ \max$	$W = V \pm 0{,}7\ U$
	60° i 120°		$KZ = 0{,}9\ KZ\ \max$	$W = V \pm 0{,}5\ U$
	90°		$KZ = KZ\ \max$	$W = V$

Maksymalny kąt znoszenia (*KZ* max) tj. kąt, jaki występowałby przy wietrze bocznym do trasy ($E = 90°$), oblicza się wg wzoru:

$$KZ \text{ max} = \frac{U}{V} \cdot 60$$

Posługując się podanym wzorem i tablicą można obliczyć kąt znoszenia i prędkość podróżną w szybki, uproszczony sposob, nawet w pamięci.

Przykład:

$NKDM = 150°$; $V = 80$ km/h $D = 200°$; $U = 20$ km/h
$KZ = ?$ $KM = ?$ $W = ?$
$E = D - NKDM$; $E = 200° - 150° = +50°$

$$KZ \text{ max} = \frac{20 \text{ km/h}}{80 \text{ km/h}} \cdot 60 = \frac{1}{4} \cdot 60 = 15°$$

Dla $E = 50°$ z tablicy przyjmujemy $E = 45°$.

Przy $E = 45°$ $KZ = 0{,}7$ KZ max.

$KZ = +15° \cdot 0{,}7 = 10{,}5° \approx +11°$

$KM = NKDM - (\pm KZ)$

$KM = 150° - (+11°) = 139°$.

Ponieważ kąt wiatru E jest mniejszy niż 90°, $W >$ od V,
$W = V \pm 0{,}7\ U$,
$W = 80$ km/h $+ 0{,}7 \cdot 20$ km/h $= 94$ km/h.

Uwaga. Posługiwanie się podaną tablicą jest dopuszczalne tylko wtedy, gdy stosunek $\frac{U}{V}$ nie jest większy niż $\frac{1}{2}$

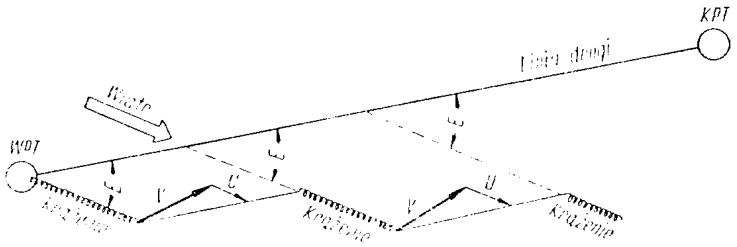
Szybowcowy przelotowy trójkąt prędkości *)

W dotychczasowych rozważaniach na temat wpływu wiatru bocznego na lot szybowca uwzględniliśmy jedynie przypadek lotu prostoliniowego. Tymczasem podczas przelotów szybowcowych, szybowiec przez istotną część trwania przelotu (z reguły więcej niż połowę) krąży. Jeśli wieje wiatr boczny do trasy, szybowiec jest w krążeniu odnoszony od trasy z prędkością równą prędkości wiatru i pod kątem do trasy równym kątowi wiatru.

---

*) Zrozumienie niniejszego podrozdziału ułatwi Czytelnikowi przestudiowanie rozdziału VIII — Przeloty szybowcowe, z podręcznika pt. „Zasady pilotażu".

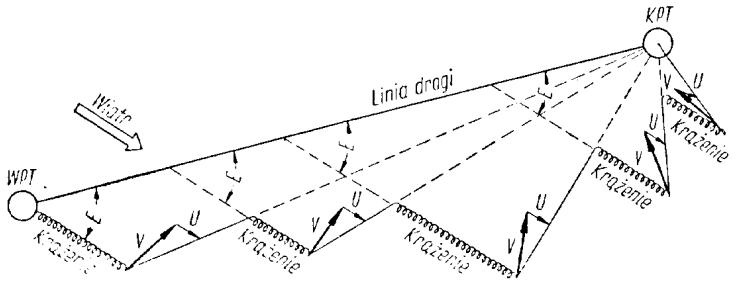
Gdyby uwzględnić wpływ bocznego wiatru jedynie na odcinkach lotu prostego (na przeskokach międzykominowych), szybowiec leciałby wówczas równolegle do trasy na tych odcinkach, a w krążeniu oddalałby się coraz bardziej od trasy (rys. 46).



Rys. 46. Nieprawidłowe nawigowanie podczas przelotu szybowcowego z bocznym wiatrem, polegające na uwzględnianiu znoszenia wyłącznie w locie prostym

Nawigując tą metodą pilot nigdy nie osiągnąłby końcowego punktu trasy (KPT).

Przyjmijmy inną metodę nawigowania podczas przelotu z bocznym wiatrem. Załóżmy, że po odczepieniu nad lotniskiem stanowiącym wyjściowy punkt trasy (*WPT*) szybowiec rozpoczyna krążenie we wznoszeniu, podczas którego zostaje zniesiony w stosunku do linii drogi o kąt równy kątowi wiatru i przebędzie odcinek drogi równy iloczynowi prędkości wiatru i czasu krążenia we wznoszeniu (rys. 47). Następnie, po przerwaniu krążenia, pilot szybowca zdecyduje się lecieć po prostej wzdłuż innej linii drogi, łączącej punkt, w którym zakończył krążenie, z końcowym punktem trasy. Dla nowej linii drogi uwzględnia on właściwy kąt znoszenia i przyjmuje kurs magnetyczny, przy którym będzie leciał wzdłuż tej linii drogi.



Rys. 47. Nieprawidłowe nawigowanie podczas lotu szybowcowego z bocznym wiatrem, polegające na kierowaniu szybowca odniesionego w krążeniu od trasy najkrótszą drogą do punktu docelowego

Po wytraceniu wysokości w locie prostym szybowiec będzie musiał rozpocząć nabieranie wysokości w punkcie leżącym gdzieś z boku trasy. W czasie krążenia będzie on znoszony od trasy przez boczny wiatr. Po ponownym nabraniu wysokości pilot szybowca znów zdecyduje się lecieć z punktu, w którym zakończył krążenie, wzdłuż linii łączącej ten punkt z końcowym punktem trasy.

Nowa linia drogi będzie przebiegać pod większym kątem do trasy niż poprzednia. Jeśli pilot będzie kontynuował nadal lot tą metodą, to każdy następny przeskok będzie odbywał się wzdłuż linii drogi, tworzącej z linią drogi nakazanej coraz większy kąt.

Przy odpowiednio długiej trasie i silnym wietrze ostatni przeskok dolotowy do celu odbywałby się pod wiatr.

Przy tej metodzie lotu rzeczywista trasa przebywana przez szybowiec byłaby bardzo długa.

Właściwa metoda nawigowania podczas przelotu szybowcowego z bocznym wiatrem polega na uwzględnieniu w czasie przeskoku wpływu bocznego wiatru zarówno na sam przeskok, jak i krążenie w kominach termicznych. Przypomnijmy jeszcze raz definicję prędkości przelotowej szybowca. Prędkość przelotowa jest to stosunek drogi przebytej przez szybowiec w otaczającej masie powietrza do czasu trwania przelotu.

Na czas trwania przelotu składa się czas krążenia w kominach termicznych, w których szybowiec w stosunku do otaczającego powietrza tylko się wznosi, nie pokonując żadnej odległości w tej masie, oraz czasu trwania przeskoku. Podczas przeskoku szybowiec pokonuje odległość w masie powietrznej równą iloczynowi prędkości i czasu trwania przeskoku.

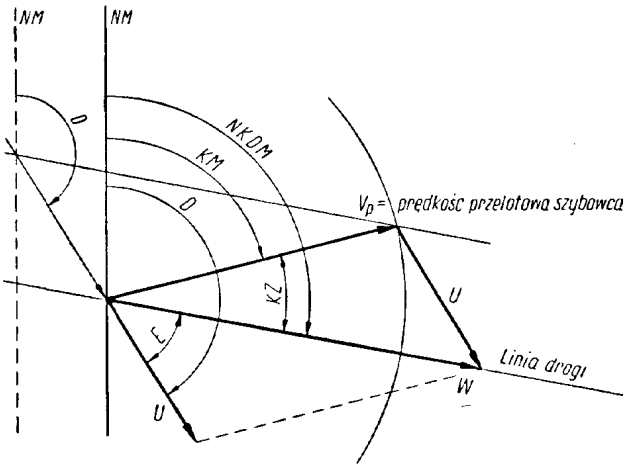
Z powyższego rozumowania wynika, że kierunek prędkości przelotowej jest zgodny z kierunkiem prędkości przeskoku, ponieważ w stosunku do otaczającej masy powietrza szybowiec pokonuje odległość jedynie podczas przeskoku. Podczas krążenia, z punktu widzenia nawigacji, szybowiec jest nieruchomy w masie powietrza, ponieważ w tej masie nie pokonuje odległości.

Stąd możemy już przejść do stwierdzenia, że kierunek prędkości przelotowej szybowca to po prostu kurs magnetyczny szybowca podczas przeskoku.

Gdy nie wieje wiatr, prędkość powietrzna jest równa prędkości w stosunku do Ziemi; a więc prędkość podróżna szybowca jest równa prędkości przelotowej. Powiedzieliśmy to już w nieco inny sposób omawiając lot szybowca w ciszy.

Gdy przelot odbywa się z tylnym wiatrem, wówczas prędkość podróżna jest sumą prędkości przelotowej i prędkości wiatru, a podczas przelotu z wiatrem czołowym, prędkość podróżna jest różnicą tych prędkości.

W celu uwzględnienia wpływu bocznego wiatru podczas przelotu szybowcowego trzeba wykreślić znany nam już z poprzednich rozważań nawigacyjny trójkąt prędkości (rys. 48) i zastąpić w nim prędkość powietrzną (V) prędkością przelotową (V_p).



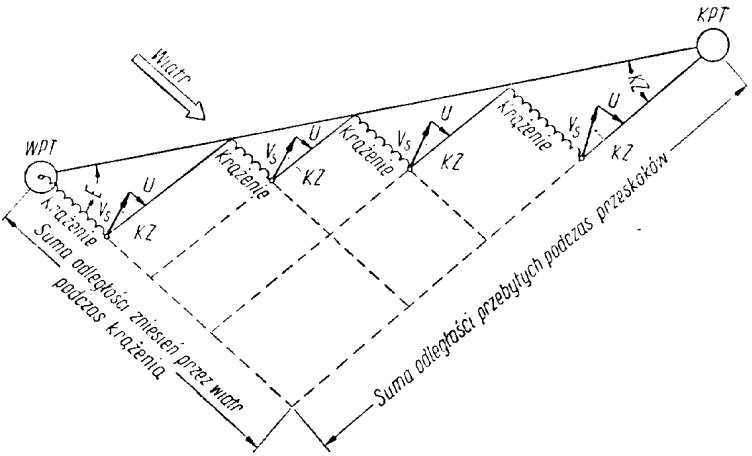
Rys. 48. Szybowcowy przelotowy trójkąt prędkości

Kąt znoszenia, który wyniknie z tego trójkąta, uwzględnia znoszenie przez wiatr zarówno podczas przeskoku, jak i w czasie krążenia. Kurs magnetyczny otrzymany za pomocą tego trójkąta należy utrzymywać podczas przeskoku, aby osiągnąć cel po najkrótszej drodze (rys. 49).

Do obliczenia kąta znoszenia i prędkości podróżnej można zastosować podaną wyżej metodę uproszczonych obliczeń, zastępując, podobnie jak w trójkącie prędkości, prędkość powietrzną (V) prędkością przelotową (V_p). Stosując tę metodę należy pamiętać o zastrzeżeniu podanym na stronie 55, ograniczającym jej stosowanie do przypadków, gdy prędkość wiatru nie jest większa niż połowa prędkości przelotowej.

Prędkość przelotowa (V_p) danego typu szybowca zależy od prędkości wznoszeń w kominach, duszeń międzykominowych, prędkości przeskoku, a także wielu innych czynników, jak pionowy zasięg wznoszeń, odległości między kominami itp.

Upraszczając zagadnienie można przyjąć, że prędkość przelotowa, pod warunkiem dobrania odpowiedniej prędkości przeskoku, zależy tylko od prędkości wznoszeń w kominach.



Rys. 49. Prawidłowe nawigowanie podczas przelotu szybowcowego

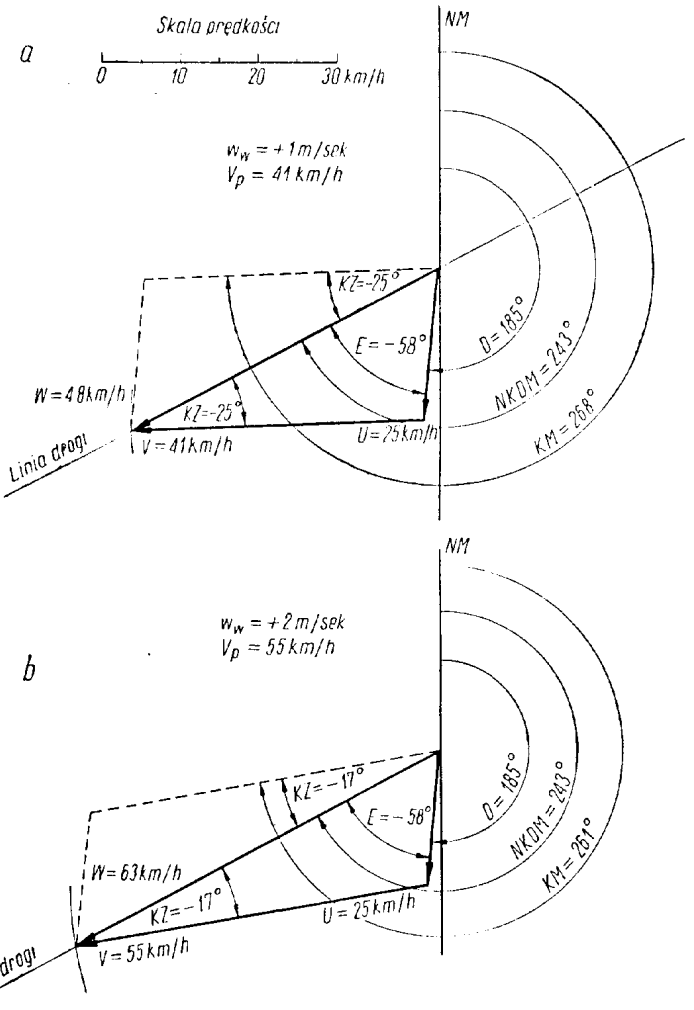
Metodę obliczania prędkości przeskokowej i przelotowej znajdzie Czytelnik w rozdziale VIII podręcznika pt. „Zasady pilotażu". Gotowe wartości prędkości przelotowych i odpowiadających im wartości przeskokowych dla poszczególnych prędkości wznoszeń są zawarte w instrukcjach użytkowania poszczególnych typów szybowców.

Prędkość przelotowa i odpowiadająca jej prędkość przeskokowa zmieniają się zazwyczaj w czasie lotu wraz ze zmianą siły wznoszeń. Przed przelotem pilot nie zna jeszcze średniej prędkości wznoszeń, jakie napotyka w ciągu lotu i dlatego obliczenia kąta znoszenia, kursu magnetycznego i prędkości podróżnej należy wykonać dla różnej prędkości wznoszeń.

Przykład:

Szybowiec „Mucha Standard";
$NKDM = 243°$; $D = 185°$; $u = 20$ km/h
Obliczyć:
KZ = ?; KM = ?; W = ?, przy wznoszeniach 1 i 2 m/s.

W celu rozwiązania tego zadania należy wykreślić dwa trójkąty (rys. 50): jeden dla prędkości $V_p = 41$ km/h odpowiadającej wznoszeniu 1 m/s, a drugi dla prędkości $V_p = 55$ km/h odpowiadającej wznoszeniu 2 m/s. (Prędkości przelotowe wzięte z instrukcji użytkowania szybowca „Mucha Standard").



Rys. 50. Przykłady rozwiązania szybowcowego przelotowego trójkąta prędkości

Trójkąty wykreślamy uproszczoną metodą (jak na rys. 42) i otrzymujemy następujące wyniki:

1) dla wznoszenia 1 m/s $KM = 268°$; $KZ = -25°$; $W = 48$ km/h,

2) dla wnoszenia 2 m/s $KM = 260°$; $KZ = -17°$; $W = 63$ km/h.

Rozdział 5

PRZYGOTOWANIE NAWIGACYJNE

W poprzednich rozdziałach omówiono podstawowe wiadomości teoretyczne z nawigacji lotniczej, odnoszące się w szczególności do lotu szybowca. Ten rozdział poświęcony będzie omówieniu zagadnień praktycznych związanych z przygotowaniem się pilota do przelotu szybowcowego i praktycznym postępowaniem w locie.

O ile wiadomości teoretyczne z nawigacji dotyczące obliczeń i rozwiązywania nawigacyjnego trójkąta prędkości, przeliczania kursów czy czasów lotu, mają dla pilota samolotowego bezpośrednie zastosowanie w praktycznym przygotowaniu się do przelotu na samolocie, o tyle w odniesieniu do przelotu szybowcowego rzecz ma się zupełnie inaczej.

Szybownik, przed rozpoczęciem przelotu, nie może w oparciu o komunikat meteo określić dokładnie siły wznoszeń, ich zasięgu pionowego, odległości międzykominowych oraz rozmieszczenia wznoszeń na trasie. Przelot szybowcowy jest wykonywany przy zmiennej sile wznoszeń, z różnymi prędkościami przeskokowymi, a więc z różnymi chwilowymi prędkościami przelotowymi, a także na zmiennej wysokości, gdzie siła i kierunek wiatru mają różne wartości. Te czynniki wykluczają możliwość wykonania przed lotem w pełni sprawdzalnych w powietrzu obliczeń nawigacyjnych dla przelotu szybowcowego.

Nasuwa się więc pytanie: czy potrzebne było omawianie zasad przeliczania kursów, rozwiązywanie nawigacyjnego trójkąta prędkości i wykonywanie odpowiednich ćwiczeń? Odpowiedź na to pytanie jest tylko jedna: tak, gdyż bez dokładnego zrozumienia teoretycznych zasad przedstawionych na wybranych przykładach nie jest możliwe dokonywanie praktycznych obliczeń i kalkulacji, odnoszących się zarówno do całego przelotu, jak i do jego wycinków.

Pilot samolotu podczas przelotu większość uwagi może poświęcić na nawigowanie i utrzymywanie obliczonych warunków lotu; szybownik na przelocie musi istotną część uwagi poświęcić na wyszukiwanie i wykorzystywanie wznoszeń,

oszczędne przelatywanie duszeń i jednocześnie musi także nawigować.

We współczesnym lataniu szybowcowym nastawionym na uzyskiwanie jak największych prędkości podróżnych po wyznaczonych trasach, prawidłowe nawigowanie umożliwia wykonanie trasy bez straty czasu. Ciągłe znoszenie od trasy, krążenie przez większą część czasu przelotu oraz różne wysokości lotu wpływają na to, że nawigacja szybowcowa jest trudniejsza od klasycznej nawigacji samolotowej.

Przygotowanie ogólne i bezpośrednie

Sama znajomość teoretycznych zasad nawigacji nie wystarcza do praktycznego nawigowania w locie. Niezbędne jest również wykonanie przez pilota różnych czynności, objętych wspólną nazwą przygotowania nawigacyjnego.

Wyróżnia się przygotowanie nawigacyjne ogólne, czyli pośrednie, obejmujące wszystkie czynności przygotowawcze, które można wykonać przed otrzymaniem konkretnego zadania, i przygotowanie bezpośrednie, na które składają się czynności wykonywane dopiero po otrzymaniu zadania lotu.

Do ogólnego przygotowania nawigacyjnego zalicza się:
— ogólne przygotowanie map,
— przygotowanie sprzętu nawigacyjnego,
— studium rejonu lotów,
— trening w obliczeniach nawigacyjnych.

Do bezpośredniego przygotowania nawigacyjnego zalicza się:
— przygotowanie mapy na daną trasę,
— wykreślenie i opisanie trasy — ewentualne obliczenie,
— studium trasy lotu.

W praktyce w szybownictwie często zaciera się różnica pomiędzy ogólnym i bezpośrednim przygotowaniem do lotu, gdyż np. wielu pilotów przychodzi na lotnisko z wcześniej wykreślonymi trasami przelotów najczęściej wykonanych z danego lotniska.

Przygotowanie map

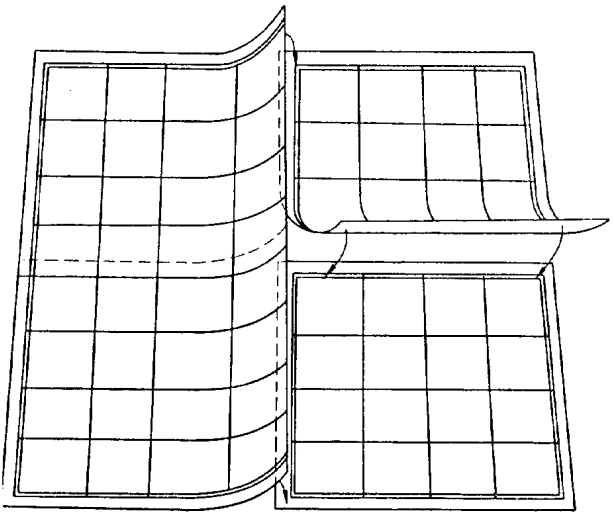
Przygotowanie map do użytku w locie polega na dokonaniu zabiegów zmierzających do zwiększenia trwałości map oraz na doborze odpowiednich arkuszy map lub ich wycinków do przewidywanych tras przelotowych. Kompletując arkusze map trzeba mieć na uwadze objęcie tymi arkuszami najczęściej stosowanych tras przelotów.

W nawigacji lotniczej należy posługiwać się najbardziej aktualnymi wydaniami map. W przypadku posiadania starych wydań, trzeba je uaktualnić przez naniesienie znakami topograficznymi powstałych w międzyczasie zmian w pokryciu terenu (naniesienie nowo zbudowanych linii kolejowych, dróg, zbiorników wodnych itp.).

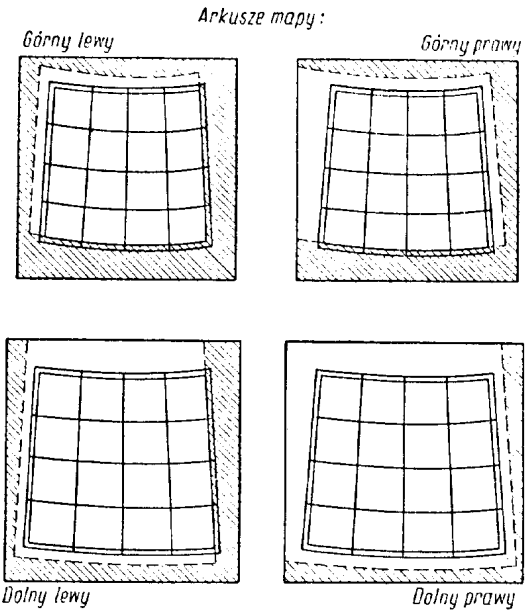
Najskuteczniejszym sposobem powiększania trwałości map jest ich introligatorska oprawa — podklejanie na tekturze, sklejce lub płótnie i pociągnięcie lakierem bezbarwnym lub cellonem. Metoda ta jest najwłaściwsza przy przygotowywaniu map z wykreślonymi na stałe trasami krótkich przelotów (niewielkie trasy zamknięte, stałe trasy przelotów 50 km) na jednym arkuszu mapy lub jego wycinku lub na sklejonych wycinkach dwu arkuszy.

W przypadku przygotowywania map do dłuższych tras konieczne jest sklejanie arkuszy. Jeśli chcemy, aby połączenie miało charakter trwały, wówczas sklejamy arkusze jak na rysunku 51, nakładając arkusz „lewy" na „prawy" i „górny" na „dolny". Przed sklejeniem należy arkusz mapy odpowiednio przyciąć, używając do tego celu dużych, krawieckich nożyc, żyletki lub bardzo ostrego noża. Przycinanie map polega na obcięciu pozostałości arkusza poza marginesem oraz na obcięciu marginesu mapy (rys. 52):

— na arkuszu lewym — „górnym" — z prawej strony i u dołu,
— na arkuszu „prawym — górnym" — z dołu,
— na arkuszu „lewym — dolnym" — z prawej strony.



Rys. 51. Trwałe sklejanie arkuszy mapy



Rys. 52. Obcinanie arkuszy map przed sklejeniem (zakreskowane pola oznaczają części arkusza do usunięcia)

Na arkuszu „prawym dolnym" pozostawiamy cały margines. Obcinając pozostałość arkusza, gdy margines pozostaje przy mapie, nie musimy troszczyć się o dokładne prowadzenie cięcia; zazwyczaj obcinamy papier około 3 ÷ 5 mm za marginesem. Przy odcinaniu marginesu od mapy cięcie musi być prowadzone bardzo starannie i dokładnie wzdłuż krańcowego południka lub równoleżnika.

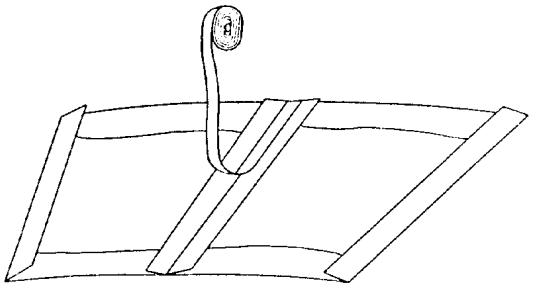
Przy sklejaniu mapy należy szczególną uwagę zwrócić na dokładne przyłożenie sklejanych arkuszy, tak aby południki i równoleżniki oraz obiekty liniowe na sąsiednich arkuszach stykały się na sklejeniu. Niejednokrotnie, z powodu różnej wilgotności arkuszy, spełnienie tego warunku nie jest łatwe, gdyż arkusze w miejscu sklejenia różnią się nieco wymiarami. Wówczas należy zestawić arkusze tak, aby wszystkie stykające się obiekty liniowe oraz elementy siatki geograficznej miały jak najmniejsze przesunięcia względem siebie. Do klejenia najlepiej używać klejów roślinnych, które po wyschnięciu zachowują elastyczność. Można również sklejać mapę przylepiając z obu stron przezroczysty przylepiec plastykowy.

Nie zaleca się sklejania w sposób trwały do użytku w locie większej liczby niż cztery arkusze w skali 1 : 500 000, gdyż na

mapie o większych rozmiarach przy składaniu powstaje wiele niszczących załamań.

Przy dłuższych trasach można posługiwać się pojedynczymi arkuszami map z obciętymi pozostałościami arkusza i zawiniętymi pod spód marginesami. Zawijając margines graniczący z równoleżnikiem (góra i dół arkusza) należy prowadzić zagięcie dokładnie po łuku równoleżnika. Zawinięcie marginesów umożliwia dokładne przyłożenie arkuszy mapy do siebie przy wykreślaniu linii drogi oraz zabezpiecza mapę przed naderwaniem jej skrajów.

Tak przygotowaną mapę można sklejać prowizorycznie na wybraną trasę, przez podklejanie paskiem papieru lub gumową taśmą zawiniętych pod spód marginesów (rys. 53). Połączenie to, dostatecznie trwałe w locie, jest łatwe do rozdzielenia.



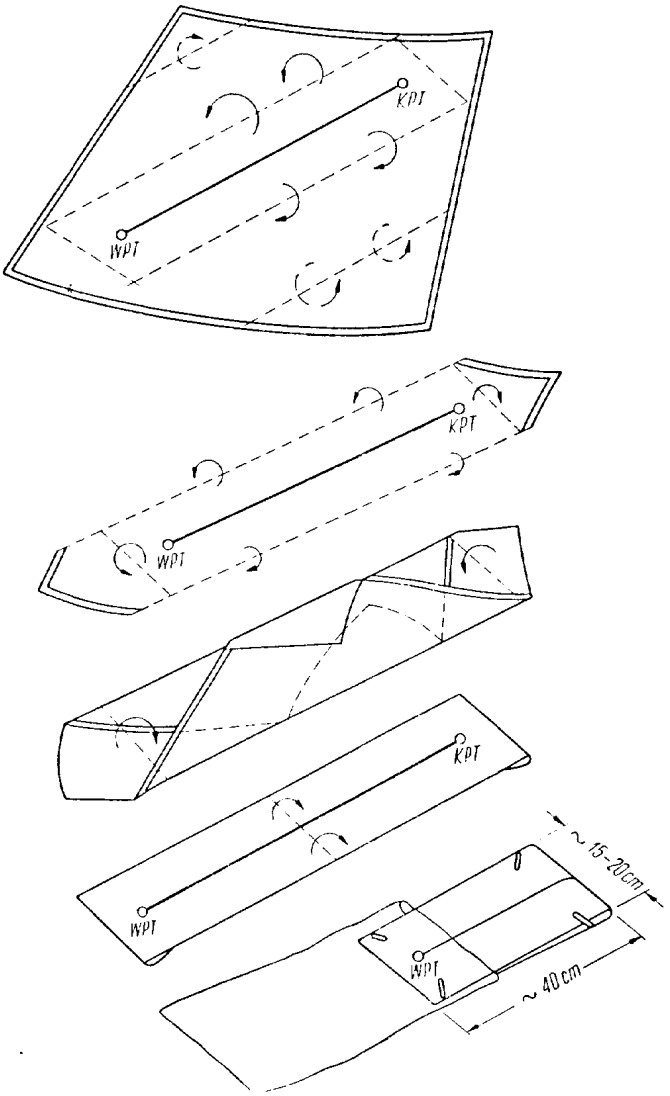
Rys. 53. Nietrwałe łączenie map przez sklejanie na odwrocie

Po wykreśleniu należy złożyć mapę do rozmiarów umożliwiających swobodne korzystanie z niej w ciasnej kabinie szybowca.

Mapę układamy w formie pasa o szerokości 15 ÷ 20 cm, przez środek którego przebiega wykreślona trasa. Składanie w ten sposób pojedynczych arkuszy jest bardzo proste. Mapę o dużej powierzchni, sklejoną z wielu arkuszy, należy układać bardzo ostrożnie w „harmonijkę", starannie zaginając i prasując linijką każde załamanie. Następnie zaginamy niepotrzebne końce „harmonijki" i składamy ją „na pół" lub „na trzy", zależnie od długości trasy, tak aby długość złożonej mapy nie przekraczała 40 cm (rys. 54).

Sklejoną mapę z wyrysowaną trasą trójkąta można ułożyć w kształcie trójkąta i złożyć ją później „na pół" do podręcznych wymiarów.

Złożoną mapę należy umieścić w sztywnym celuloidowym mapniku lub w plastykowym woreczku i spiąć spinaczami. Sztywny mapnik jest bardziej przydatny do układania map niesklejanych.



Rys. 54. Składanie mapy do lotu

Wyposażenie nawigacyjne

Każdy pilot szybowcowy powinien skompletować własne wyposażenie nawigacyjne, które jest konieczne dla właściwego przygotowania trasy oraz pomocne w czasie lotu i po locie. W skład wyposażenia nawigacyjnego pilota szybowcowego wchodzą:

1) zegarek czasowy,
2) pojemnik na mapy; worek plastykowy lub mapnik ze sztywnego celuloidu, który można wykonać z wymytych klisz fotograficznych o formacie ok. 40 × 20 cm zszywając je lub sklejając z trzech stron (np. klisze po zdjęciach rentgenowskich),
3) linijka do pomiaru odległości: najlepiej skalówka o skali używanej mapy (1 : 500 000) lub zwykła linijka 30 ÷ 40 cm,
4) kątomierz, najlepiej nawigacyjny o podwójnej skali, pokazany na tablicy 2, lub zwykły kątomierz szkolny o skali 360° lub 180°. W kątomierzu należy wyciąć kółko o średnicy ok. 7 mm oraz o podobnym formacie trójkąt, kwadrat i prostokąt, służące do opisywania trasy,
5) ołówki: zwykłe nr 2 lub HB, zaostrzone,
6) guma do wycierania — miękka,
7) notes, w formie kartek papieru na sztywnej podkładce, z możliwością umocowania na kolanie i umieszczenia przy notesie ołówka,
8) spis telefonów wszystkich lotnisk sportowych.

Poza wymienionymi przedmiotami wyposażenie nawigacyjne można uzupełnić suwakiem nawigacyjnym i dolotowym, nomogramami do przeliczeń i dermatografami (ołówki do pisania na plastyku i celuloidzie).

Znajomość rejonu lotów

Zaznajomienie się z rejonem lotów polega na dokładnym przestudiowaniu mapy rejonu w celu zorientowania się w rozmieszczeniu — w promieniu 50 km od lotniska — charakterystycznych obiektów terenowych, takich jak większe miejscowości, linie kolejowe, drogi, rzeki, zbiorniki wodne, masywy leśne i wzniesienia terenowe, oraz usytuowaniu w stosunku do tych obiektów stref zakazanych i niebezpiecznych (np. lotnicze korytarze powietrzne).

Studiując rejon lotów należy na mapie zaznaczyć kółeczkiem dokładne położenie lotniska, prostokącikami zwróconymi długim bokiem w najdogodniejszym kierunku lądowania — znane lądowiska i oznaczając liczbą ze znakiem „+" lub „—"

ich względną wysokość nad poziom lotniska. Charakterystyczne wzniesienia terenowe oznacza się trójkątem i liczbą określającą ich wysokość nad poziom lotniska. Należy również pomierzyć i zapamiętać odległości i kąty drogi między lotniskiem a charakterystycznymi obiektami w rejonie.

W celu utrwalenia znajomości rejonu, zaleca się rysowanie go na kartce papieru oraz wykonywanie lotów w rejonie lotniska z mapą.

Znajomość rejonu lotów ułatwia nie tylko zachowanie orientacji podczas lotów nadlotniskowych, ale jest również bardzo pomocne przy wykonywaniu pierwszych przelotów z danego lotniska.

Wykreślanie, opisanie i poznanie z mapy trasy przelotu

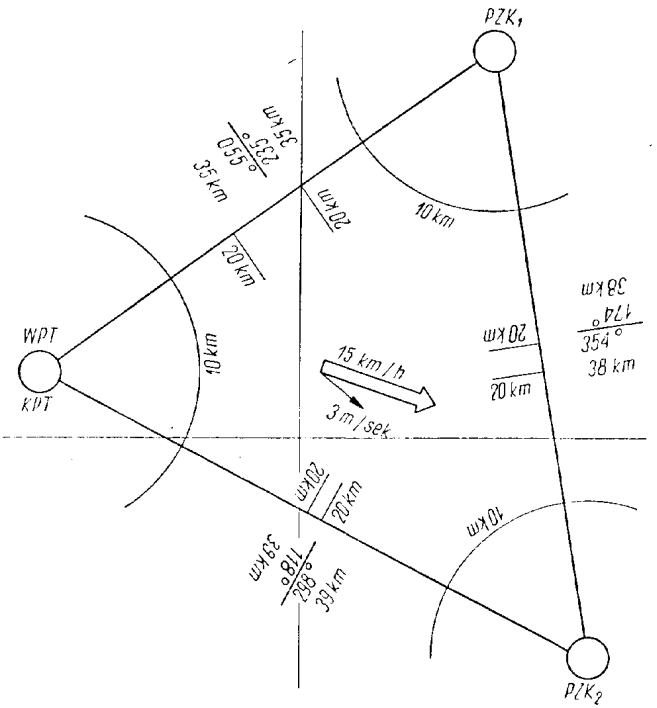
Właściwe wykreślenie i opisanie trasy na mapie stanowi dużą pomoc w nawigowaniu podczas przelotu. Podstawowym warunkiem jest przejrzystość wykreśleń i opisu oraz niezaciemnianie obrazu mapy.

Linię drogi należy wykreślić czarną, cienką kreską. Wyjściowy punkt trasy (lotnisko wyjściowe), końcowy punkt trasy (lotnisko docelowe) i punkty zwrotne zakreślamy kółeczkami o średnicy ok. 7 mm tak, aby środek kółeczka pokrywał się z danym punktem. Podobnie znane lądowiska zakreślamy prostokącikami o dłuższym boku zwróconym w najdogodniejszym kierunku lądowania, a wzniesienia terenowe i wysokie przeszkody (jak np. maszty radiowe) — trójkącikami. Obok prostokącików i trójkątów i obok lotniska docelowego zapisujemy wysokość tych miejsc nad poziom lotniska wyjściowego, na którym nastawiamy wysokościomierz przed lotem na 0.

W celu wykluczenia pomyłek, wszystkie cyfry dotyczące kątów drogi i odległości muszą być zwrócone górą do kierunku lotu. Cyfry powinny być dostatecznie duże i odcinać się od tła mapy, aby ich odczytanie nie wymagało wpatrywania się w mapę podczas lotu. Nie należy więc zapisywać cyfr na napisach mapy, skrzyżowaniach linii, charakterystycznych obiektach terenowych, gęstych warstwicach i w podobnych miejscach.

Kąt drogi zapisujemy liczbą trzycyfrową, dużymi, wyraźnymi cyframi (np. 045°) zawsze z prawej strony trasy. Pod kątem drogi, pod poziomą kreską zapisujemy mniejszymi cyframi całkowitą odległość trasy lub danego odcinka trasy łamanej (np. 87 km). Z dowolnej strony linii drogi wykreślamy strzałkami kierunki wiatru dolnego i górnego, pojedynczą — wiatru dolnego i podwójną — wiatru górnego, zapisując obok nich prędkość wiatru dolnego w m/s i górnego w km/h. Przy

krótkich trasach trójkątnych (100 i 200 km), aby nie zaciemniać obrazu mapy, cyfry kątów drogi i długości boków trójkąta zapisujemy zawsze na zewnątrz trasy, natomiast wewnątrz wykreślamy kierunki i zapisujemy prędkości wiatru (rys. 55).



Rys. 55. Plan trasy przelotu trójkątnego

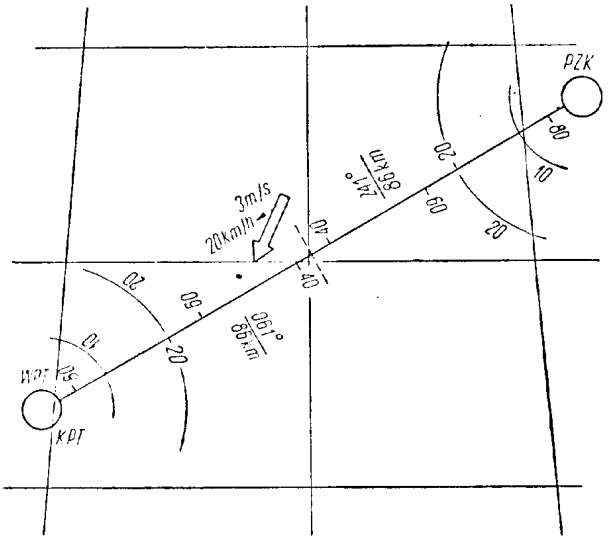
Linię drogi dzielimy krótkimi, poprzecznymi kreskami na równe odcinki 20-, 25-, lub 50-kilometrowe zależnie od długości trasy, zapisując obok tych kresek z prawej strony linii drogi odległości od lotniska wyjściowego. W ten sam sposób zapisujemy również odległości od lotniska wyjściowego przy charakterystycznych terenowych obiektach orientacyjnych i punktach zwrotnych.

Przed końcowym punktem trasy wykreślamy łuk strefy zasięgu lotniska docelowego dla wysokości 1000 i 1500 m nad to lotnisko. Obok łuków zapisujemy jednak wysokości przeliczone względem lotniska wyjściowego, na którego poziom nastawiony jest wysokościomierz.

Na przykład, gdy lotnisko docelowe znajduje się 200 m poniżej lotniska wyjściowego, dla łuku odpowiadającego wy-

sokości 1000 m zapisujemy wysokość 800 m, a dla łuku odpowiadającego wysokości 1500 m zapisujemy wysokość 1300 m.*).

Jeśli wykreślamy stałą trasę, nie znając typu szybowca i warunków meteorologicznych dnia, w którym będzie wykonywany przelot, łuki strefy zasięgu zastępujemy łukami odległości od lotniska docelowego, kreślonymi w promieniu 10, 20 i 30 km. Trasy docelowo-powrotne wykreślamy zgodnie z podanymi wyżej zasadami (rys. 56).



Rys. 56. Plan trasy przelotu docelowo-powrotnego

Stałe trasy, szczególnie na utrwalonych mapach, można wykreślać tuszem: linie drogi i cyfry odległości — kolorem czarnym, a kółka, prostokąciki i trójkąty oraz cyfry kąta drogi — dowolnym kolorem odcinającym się wyraźnie od tła mapy. W każdym innym przypadku do wykreślania i opisywania trasy należy używać miękkich, zwykłych, dobrze zaostrzonych ołówków (nr 2 lub HB), łatwych do ścierania. Używanie kolorowych kredek, długopisów, ołówków kopiowych i atramentu jest bardzo niewskazane.

Samo wykreślenie i opisanie trasy nie stanowi jeszcze dostatecznego przygotowania do prowadzenia orientacji wzrokowej podczas lotu. Wolne chwile przed startem do przelotu

*) Sposób obliczania strefy zasięgu — patrz podręcznik „Zasady pilotażu" — seria Biblioteki Aeroklubu PRL „Szkolenie Szybowcowe".

należy poświęcić na zapoznanie się z trasą. Zapoznanie to polega na wybraniu i zapamiętaniu najbardziej charakterystycznych, widocznych z dużej odległości obiektów, takich jak masywy leśne, zbiorniki wody, duże rzeki i miasta leżące na trasie lub w pobliżu trasy, oraz na uświadomieniu sobie przebiegu linii drogi w stosunku do tych obiektów, a także na wyszukaniu „pułapek orientacyjnych".

„Pułapkami" takimi są leżące w niewielkim oddaleniu od siebie bardzo podobne układy charakterystycznych obiektów czy linii, jak np. miasta o podobnym układzie dróg, czy kolana i rozwidlenia rzek.

Przyjęcie w locie jakiegoś obiektu za inny, leżący w pobliżu, było przyczyną niejednego zabłądzenia.

Dlatego przygotowanie się przed lotem do ścisłego odróżniania podobnych obiektów-pułapek pozwoli na uniknięcie przykrych niespodzianek w powietrzu.

Trening w obliczeniach nawigacyjnych

Na początku rozdziału zastrzegliśmy, że wykonywanie przed lotem sprawdzalnych obliczeń do przelotu szybowcowego nie jest możliwe. Jakie więc znaczenie dla pilota szybowcowego może mieć trening w obliczeniach nawigacyjnych?

Podczas przelotu warunki meteorologiczne, a w szczególności siła, rozmieszczenie i zasięg pionowy wznoszeń zmieniają się wraz z upływem czasu i pokonywaną odległością. Czynniki te wykluczają wykonanie obliczeń przed lotem i zmuszają pilota szybowcowego do prowadzenia wielu kalkulacji w locie. Kalkulacje te mają odpowiedzieć na pytania: jaki kurs przyjąć na odcinku prostym, jaką rozwijamy prędkość przelotową i podróżną, jak długo będzie trwał dolot do miejscowości, którą widzimy na trasie, oraz wiele innych pytań, których nie można w czasie lotu pozostawić bez odpowiedzi, jeśli chce się prawidłowo wykonywać przelot.

Wiele kalkulacji podczas przelotu dotyczy nie samej nawigacji, lecz taktyki przelotowej. W praktyce szybowcowej nawigacja i taktyka przelotowa ściśle się ze sobą łączą.

Podstawą wszelkich kalkulacji są szybko dokonywane przybliżone obliczenia pamięciowe. Podczas lotu, gdy uwaga pilota jest podzielona między kontrolę wielu składających się na przelot czynników, łatwo o pomyłkę w obliczeniach. Dlatego do bezbłędnego liczenia w powietrzu nie wystarcza tylko teoretyczna znajomość i zrozumienie zasad nawigacji. Potrzebny jest jednocześnie trening nastawiony na rozwijanie wyobraźni, zapamiętywanie rzędu wielkości wyników różnych obliczeń

nawigacyjnych oraz na nabycie umiejętności i doświadczenia w szybkim i bezbłędnym wykonywaniu zawikłanych z pozoru obliczeń.

Doskonałym treningiem prowadzącym do rozwijania wyobraźni jest graficzne rozwiązywanie nawigacyjnych trójkątów prędkości. Nie wystarczy przy tym poprzestać na ćwiczeniach zawartych w niniejszym podręczniku, lecz należy samemu układać zadania, obliczając kąty znoszenia i prędkości podróżne przy różnych kierunkach i prędkościach wiatru dla szeregu prędkości przelotowych. Prędkości przelotowe, odpowiadające różnej sile wznoszeń, są podane w instrukcjach eksploatacji szybowców.

Prawidłowość wyników graficznych rozwiązań można sprawdzić porównując je z wynikami otrzymanymi z zastosowania uproszczonej metody obliczeń (tabelka oraz wzory na kąt wiatru i maksymalny kąt znoszenia). Umożliwia to ocenę wielkości błędu w obliczeniach za pomocą tej metody, który wzrasta ze wzrostem kąta wiatru, siły wiatru i zmniejszeniem prędkości przelotowej.

Ćwiczenia takie pozwalają również na wyrobienie „wyczucia" umożliwiającego szacunkowo, z niewielkim błędem, określenie wartości kąta znoszenia i prędkości podróżnej.

Dużym ułatwieniem w locie jest umiejętność szacunkowego, lecz dokładnego określania odległości i kąta drogi między dowolnymi punktami na mapie. Umiejętność tę można łatwo osiągnąć w drodze ćwiczeń polegających na określaniu odległości i kursów i sprawdzaniu wyników przy użyciu linijki i kątomierza.

Innym rodzajem obliczeń, który należy wyćwiczyć, jest obliczanie odległości, czasu i prędkości podróżnej. Umiejętność szybkiego i bezbłędnego obliczania tych wyników w odniesieniu do krótkich odcinków lotu znajduje często zastosowanie podczas przelotów szybowcowych, lotów w rejonie lotniska i lotów w chmurach. Przy obliczeniach tych stosujemy ogólne wzory:

$$\text{odległość} = \text{prędkość} \cdot \text{czas}$$

$$\text{czas} = \frac{\text{odległość}}{\text{prędkość}}$$

$$\text{prędkość} = \frac{\text{odległość}}{\text{czas}}$$

Odległość może występować jako wielkość znana, ponieważ może być zmierzona z mapy.

Czas mierzymy zegarkiem, przy czym, jeśli chodzi o obliczanie chwilowej prędkości podróżnej odcinka lotu prostego

lub odległości przebytej w locie prostym, przyjmuje się do obliczeń czas lotu prostego, natomiast jeśli chcemy obliczyć chwilową prędkość podróżną na pewnym odcinku, przyjmuje się do obliczeń sumę czasu krążenia na tym odcinku i czas przelotu prostego (patrz przykład 3).

Prędkość lotu wskazywana przez prędkościomierz może być przyjmowana do obliczeń czasu przelecenia lotem prostym odcinka o znanej długości lub długości odcinka przebytego przy znanym czasie lotu, jeśli zostanie poprawiona o wpływ wiatru.

Warunkiem dokonywania w pamięci obliczeń jest zapamiętywanie kilku prędkości w kilometrach na minutę odpowiadających prędkościom w kilometrach na godzinę.

120 km/h = 2 km/min	15 km/h = 0,25 km/min
90 km/h = 1,5 km/min	10 km/h = 0,165 km/min
60 km/h = 1 km/min	9 km/h = 0,15 km/min
30 km/h = 0,5 km/min	6 km/h = 0,1 km/min
20 km/h 0,35 km/min	3 km/h = 0,05 km/min

Rozwiązanie podanych niżej przykładów ułatwi zrozumienie metody wykonywania obliczeń.

Przykłady:

1. Jaką odległość przeleci szybowiec podczas przeskoku trwającego 5 min, gdy:

V_s = 85 km/h U = 10 km/h E = 135°

przy E = 135° $W = V \pm 0{,}7\ U$

0,7 U = 7 km/h

chwilowa W = 85 km/h + 7 km/h = 92 km/h $\approx$ 90 km/h

90 km/h $\approx$ 1,5 km/min

droga = 1,5 km/min · 5 min = 7,5 km.

Przy dokładnym obliczeniu na suwaku wynik wynosi 7,65 km; błąd jest więc nieznaczny, nie mający w praktyce znaczenia.

2. W jakim czasie szybowiec przeleci podczas przeskoku odległość 9 km przy prędkości przeskoku V_s = 85 km/h, gdy U = 20 km/h, E = 150°

chwilowa W = 85 km/h + 18 km/h = 103 km/h.

Wartość 18 km/h otrzymujemy z tabelki uproszczonych obliczeń dla kąta wiatru E = 150° i U = 20 km/h.

90 km/h = 1,5 km/min

120 km/h = 2 km/min

103 km/h = 1,7 km/min

9 km · 1,7 km/min $\approx$ 5 min

Czas lotu wynosi około 5 min.

Obliczenie na suwaku daje wynik 5 min 15 s.

3. Podczas przelotu odcinka o długości 25 km szybowiec krążył dwukrotnie w czasie 4 i 7 minut oraz leciał po prostej w czasie 3 i 6 minut. Jaka jest prędkość podróżna i w związku z tym jak długo szybowiec będzie leciał do punktu docelowego oddalonego o 145 km, jeśli warunki nie ulegną zmianie?

$$t = 4 + 7 + 3 + 6 = 20 \text{ min}$$

$$W = \frac{25 \text{ km}}{20 \text{ min}} = 1{,}25 \text{ km/min}.$$

1 km/min = 60 km/h
1,5 km/min = 90 km/h
1,25 km/min = 75 km/h

$$t_{145 \text{ km}} = \frac{145 \text{ km}}{75 \text{ km/h}} \approx 2 \text{ h}$$

Wynik otrzymany na suwaku wynosi 1 h 56 min.

4. Podczas przelotu odcinka o długości 17 km szybowiec krążył 18 min i przez 10 min leciał po prostej. Jaka jest prędkość podróżna szybowca?

$$W = \frac{17 \text{ km}}{28 \text{ min}} \approx 0{,}6 \text{ km/min}, \quad 60 \cdot 170 : 130 \approx 5{,}8$$

0,5 km/min = 30 km/h
0,1 km/min = 6 km/h
0,6 km/min ≈ 36 km/h.

Z obliczenia na suwaku otrzymujemy wynik 36,2 km/h.

Wspominaliśmy już o liczeniu na suwakach nawigacyjnych. Suwak nawigacyjny jest przyrządem do wykonywania obliczeń z dużą dokładnością, wystarczającą nawet przy precyzyjnym nawigowaniu samolotu bez widoczności Ziemi. Spotykane w lotnictwie sportowym suwaki nawigacyjne w większości są suwakami dostosowanymi do nawigacji samolotowej.

Każdy suwak nawigacyjny można podzielić funkcjonalnie na 3 zespoły skal:

— skale do rozwiązania trójkąta prędkości;
— skale do obliczania prędkości, drogi i czasu (w nawigacji samolotowej skale te są również używane do obliczania zużycia paliwa),
— skale do obliczania poprawek prędkości na wysokość i temperaturę oraz poprawek wysokości na temperaturę i gęstość.

W lotnictwie sportowym można spotkać następujące suwaki nawigacyjne: angielski Computor, polski BM-2, niemiecki Dreieckrechner DR-2, radziecki LN-8, polski SN-3 oraz polski suwak szybowcowy będący odmianą Dreieckrechnera, a także polski miniaturowy suwak będący odmianą Computora.

Rozwiązanie trójkąta prędkości i obliczenia prędkości, drogi i czasu można wykonywać do celów szybowcowych na każdym suwaku nawigacyjnym. Sprawne i bezbłędne posługiwanie się suwakiem wymaga ciągłego treningu, mimo iż sama zasada jest bardzo prosta dla osoby znającej zasady nawigacji powietrznej.

Dla pilotów szybowcowych najodpowiedniejszym suwakiem jest okrągły polski suwak szybowcowy. Jego opis oraz zasady posługiwania się znajdzie Czytelnik w podręczniku pt. „Przeloty Szybowcowe", który ukaże się w ramach cyklu Biblioteki Aeroklubu PRL „Szkolenie Szybowcowe". W niniejszym podręczniku rezygnujemy z opisu zasad posługiwania się suwakami zarówno z uwagi na objętość podręcznika, jak i brak potrzeby posługiwania się suwakiem w szkoleniu szybowcowym do II kl.

Rozdział 6

NAWIGOWANIE W LOCIE

Zespół czynności wykonywanych przez pilota podczas lotu, zmierzających do zachowania orientacji i prowadzenia szybowca po wyznaczonej trasie, a także czynności mające na celu odzyskanie utraconej orientacji, określamy nazwą nawigowania.

W przelotach szybowcowych nawigowanie polega głównie na prowadzeniu i zachowaniu orientacji wzrokowej. Prowadzenie kalkulacji opartych o wyliczenia ma znaczenie drugorzędne.

Orientacja

W nawigacji lotniczej rozróżnia się podział orientacji na orientację ogólną i szczegółową. Przez orientację ogólną rozumiemy określenie rejonu, nad którym znajduje się szybowiec, a przez orientację szczegółową — dokładne określenie miejsca, nad którym przelatujemy lub mamy przelecieć.

Podczas długich przelotów prowadzi się na ogół orientację ogólną i przechodzi na szczegółową wtedy, gdy chodzi o dokładne określenie przebytej drogi, zboczenia od trasy, a także przed dolotem do punktu docelowego lub zwrotnego. Na

orientację szczegółową należy przechodzić także przelatując nad charakterystycznymi punktami odnotowując wtedy na mapie czas ich przelotu.

Orientację szczegółową prowadzi się poprzez identyfikowanie obiektów, tj. ustalenie, że obiekty zaobserwowane w terenie, nad którym przelatuje szybowiec, i obiekty naniesione na mapie odpowiadają sobie. Czynnikami umożliwiającymi identyfikację obiektów są:

— właściwe ułożenie mapy w kabinie,
— korzystanie ze wskazań busoli,
— czytanie mapy,
— prowadzenie obserwacji zewnętrznej,
— prowadzenie notatek dotyczących przebytej drogi i czasu.

Orientowanie mapy

Podczas przelotu mapa powinna być tak ułożona w kabinie szybowca, aby jej północny kierunek (góra mapy) pokrywał się z północnym kierunkiem w terenie. Takie ułożenie mapy nazywa się zorientowaniem mapy. Stosowana na samolotach metoda orientowania mapy przez ułożenie jej w kabinie tak, aby wykreślona linia drogi była równoległa do osi podłużnej samolotu, nie zdaje egzaminu w przelotach szybowcowych.

Podczas przelotu z bocznym wiatrem oś podłużna szybowca na przeskoku tworzy z nakazaną linią drogi duży kąt, ponieważ szybowiec przemieszcza się skośnie do tej drogi, gdyż kąt znoszenia szybowca ma zazwyczaj dużą wartość (patrz rys. 49).

Z tych względów pilot szybowcowy powinien tak ułożyć mapę, aby ten kierunek na mapie, który w danej chwili wskazuje busola, był równoległy do podłużnej osi szybowca (rys. 57).

Czytanie mapy

Czytanie mapy w locie polega na wyszukiwaniu na mapie najbardziej charakterystycznych obiektów na trasie i obok trasy, których odnalezienie w terenie umożliwia orientację. Pilota interesują wtedy tylko charakterystyczne cechy danego obiektu, takie jak: kształt, wielkość, odległość i kierunek oceniane w odniesieniu do innego, już zidentyfikowanego obiektu, oraz położenie wybranego obiektu w stosunku do linii drogi.

Czytanie mapy wymaga dobrej znajomości znaków topograficznych, a także wyrobienia w sobie pewnej wyobraźni,

Rys. 57. Zorientowanie mapy w kabinie

jak obiekt przedstawiony na mapie za pomocą znaków topograficznych może wyglądać w terenie. Zapoznanie się przed startem z trasą przelotu znacznie ułatwia późniejsze czytanie mapy w locie.

Prowadzenie obserwacji

Podczas przelotu pilot powinien prowadzić rozległą i celową obserwację, nastawioną na nawigowanie, taktyczne rozwiązanie przelotu i unikanie kolizji z innymi statkami powietrznymi.

W tym rozdziale będziemy omawiać jedynie obserwację nastawioną na prowadzenie orientacji ogólnej i szczegółowej, choć w praktyce trudno oddzielić spostrzeżenia docierające do pilota w wyniku obserwacji zewnętrznej umożliwiające nawigowanie, od spostrzeżeń umożliwiających wykorzystywanie wznoszeń i wykonywanie bezpiecznego lotu.

Obserwacja w celu zachowania orientacji to przede wszystkim obserwacja terenu. Metody obserwacji terenu są zbieżne z metodami czytania mapy. Podstawowym warunkiem tej obserwacji jest orientacja co do kierunku w terenie polegająca na ustaleniu, jaki kierunek w stosunku do szybowca ma dany obiekt w odniesieniu do stron świata (np. uświadomienie sobie, że dostrzeżone jezioro znajduje się na północny wschód od szybowca, lub, co jest równoznaczne, że szybowiec znajduje się na południowy zachód od tego jeziora).

Określenie kierunku w terenie umożliwia odczyt busoli. Pomocne jest także położenie słońca, jeśli uwzględnimy porę dnia.

Dla wykonania przeskoku z bocznym wiatrem bardzo ważne jest odróżnienie kierunku w terenie, w którym zwrócony jest nos szybowca, i kierunku, w którym szybowiec przemieszcza się w stosunku do Ziemi.

Skuteczność i sposób prowadzenia obserwacji zależą od wysokości lotu, widzialności, kierunku lotu w stosunku do słońca i zachmurzenia. Ze wzrostem wysokości lotu rozszerza się widnokrąg, umożliwiając objęcie obserwacją coraz dalej leżących obiektów. Jednocześnie zwiększa się obraz terenu, który jest zasłonięty kabiną szybowca. Trzeba o tym pamiętać krążąc w silnym kominie termicznym, kiedy następuje szybki przyrost wysokości, co powoduje szybką zmianę widoków z kabiny szybowca. Łatwo dostrzegalne szczegóły terenowe szybko zacierają się w polu widzenia, natomiast kontury dużych obiektów, takich jak: masywy leśne, duże rzeki i miasta, stają się bardziej wyraziste.

Znikają wtedy z pola widzenia „chowając się" pod kabiną szybowca obiekty, nad którymi szybowiec krąży, a pojawiają się nowe, które były niewyraźnie widoczne na linii horyzontu lub były poza nią.

W locie prostym ze stratą wysokości widok z kabiny zmienia się w kierunku odwrotnym niż podczas wznoszenia w kominie.

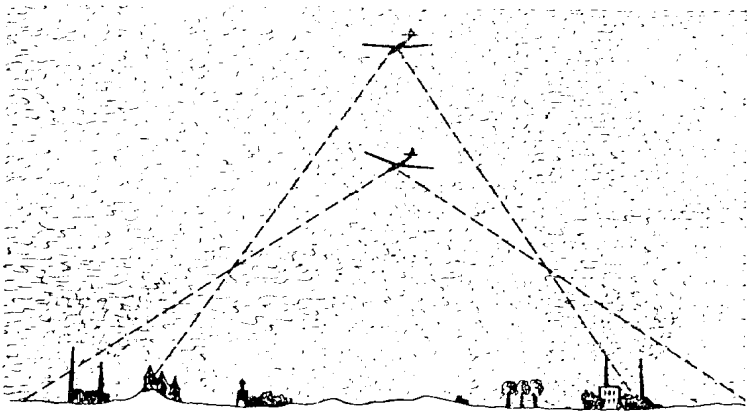
Możliwość utraty orientacji wynikająca ze zmiany widoków z kabiny szybowca jest większa w krążeniu niż w locie prostym, szczególnie gdy szybowiec w czasie nabierania wysokości jest znoszony od trasy przez silny wiatr. Dodatkowym utrudnieniem jest fakt, że w czasie krążenia mapa nie jest zorientowana, a kierunek lotu i obserwacji ciągle się zmienia.

Dlatego krążąc w kominie nie można całej uwagi skupiać na wykorzystywaniu wznoszenia, lecz należy ją dzielić po-

między obserwację przestrzeni, centrowanie komina i obserwację ciągłych zmian w wyglądzie terenu.

Gdy powietrze jest bardzo przejrzyste, a widzialność sięga horyzontu, ostre dostrzeganie daleko położonych obiektów umożliwia prowadzenie orientacji szczegółowej nawet z bardzo dużych wysokości. Przy dużej przejrzystości powietrza doskonała widoczność utrudnia jedynie ocenę odległości „przybliżając" dalekie obiekty.

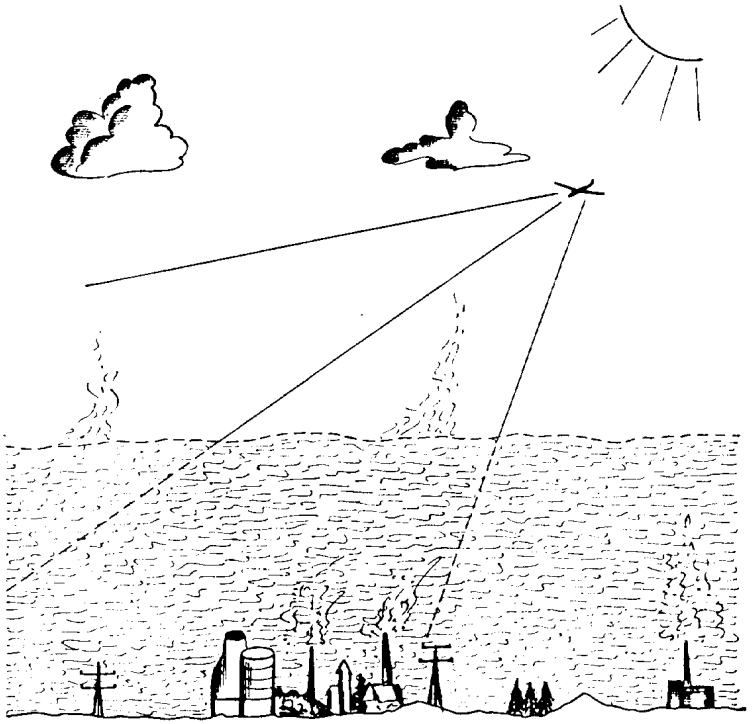
Występujące w powietrzu zamglenia, zmętnienia i zapylenie powodują, że ze wzrostem odległości i wysokości lotu obiekty zatracają szczegóły i kontury. Powodują one nie tylko trudności w odróżnianiu obiektów, ale także zmniejszenie się widzialności poziomej ze wzrostem wysokości lotu (rys. 58).



Rys. 58. Zmniejszanie się widzialności poziomej w zapyleniach i zamgleniach ze wzrostem wysokości lotu

Gdy szybowiec leci ponad inwersją, pod którą gromadzą się wszystkie zmętnienia i zapylenia, występujące szczególnie silnie w uprzemysłowionych rejonach, lot odbywa się przy doskonałej widzialności wokół szybowca, natomiast szczegóły terenowe są bardzo słabo widoczne (rys. 59).

Obserwacja obiektów, na które trzeba patrzeć pod słońce, szczególnie gdy jest ono nisko nad linią horyzontu, jest bardzo utrudniona. Również zachmurzenie ma duży wpływ na prowadzenie obserwacji, a tym samym i orientacji. Przy pięknej pogodzie cienie chmur cumulus łudząco przypominają kontury lasów, a rozlewające się cumulusy lub średnie zachmurzenie warstwowe zmieniają oświetlenie terenu, utrudniają dostrzeganie szczegółów, ale jednocześnie ułatwiają prowadzenie obserwacji pod słońce.



Rys. 59. Zła widoczność terenu przy dobrej widzialności przestrzeni w locie nad inwersją

Obliczenia nawigacyjne w locie

Gdy słaba widzialność lub inne czynniki utrudniają prowadzenie orientacji wzrokowej, należy w nawigowaniu posługiwać się busolą i obliczeniami. Szczególnie ważne jest obliczanie odległości, jaką szybowiec przebywa w locie prostym, liczonej na podstawie czasu i prędkości, oraz zniesienia w krążeniu obliczanego na podstawie czasu krążenia i prędkości wiatru (patrz w rozdziale 5 str. 73).

Kalkulacje te zmniejszają możliwość omyłek identyfikacji słabo widocznych obiektów, a także ułatwiają wybór kierunku przeskoku.

Podstawą do kalkulacji są notatki prowadzone przez pilota w czasie lotu. Przede wszystkim należy zapisywać na mapie czas przelotu obok zidentyfikowanych charakterystycznych obiektów, a także wykreślać na mapie kierunek znoszenia w krążeniu, który jest rzeczywistym kierunkiem wiatru.

Mówiliśmy już, że identyfikacja obiektów polega na ustaleniu, że obiekty naniesione na mapę i dostrzeżone w terenie są tymi samymi obiektami.

Najłatwiej jest identyfikować obiekty w locie na wysokościach 500 ÷ 1000 m, gdyż w tym przedziale wysokości wygląd terenu jest najbardziej podobny do obrazu, jaki przedstawia mapa topograficzna o skali 1 : 500 000. Przy mniejszych wysokościach widoczne są w terenie szczegóły nie naniesione na mapę, a przy większych wysokościach mapa wydaje się zbyt dokładna, ponieważ wiele naniesionych na niej szczegółów jest słabo widocznych.

W locie powyżej 1000 m do zachowania orientacji ogólnej nie jest konieczne identyfikowanie poszczególnych obiektów; wystarcza na ogół kompleksowe porównanie ich wzajemnego usytuowania na mapie i w terenie.

Przy mniejszych wysokościach orientację prowadzi się poprzez identyfikowanie poszczególnych obiektów przez porównanie ich charakterystycznych cech widocznych w terenie z cechami naniesionymi na mapie.

Ważne są takie cechy, jak: kontury, rozmiary, oraz kierunek i odległość w stosunku do zidentyfikowanych już obiektów.

Identyfikację obiektów prowadzi się przede wszystkim jako porównanie mapy z terenem, tzn. przez wybranie na mapie charakterystycznych obiektów leżących na trasie lub z boku trasy i odszukanie ich w terenie. Obiekt taki wybieramy najczęściej, aby dolecieć do niego lub w jego pobliże. Kierunek dolotu należy kontrolować według busoli. Gdy zbliżymy się do tego obiektu, sprawdzamy przez porównanie, czy to, co widzimy w terenie, jest zgodne z mapą. Przede wszystkim przy pomocy busoli sprawdzamy, czy obiekty liniowe w terenie i na mapie mają zgodne kierunki.

Jeśli podczas lotu zachowujemy tylko orientację ogólną i chcemy przejść na szczegółową, wówczas dostrzeżony w terenie obiekt, w pobliżu którego znajduje się szybowiec, odszukujemy na mapie. Najpierw ustalamy jego położenie na mapie w stosunku do zidentyfikowanych obiektów, a następnie, przez porównanie charakterystycznych cech (kontury, wielkość, przebieg linii komunikacyjnych) sprawdzamy, czy obiekty rzeczywiście są identyczne.

Jeśli będziemy się starali wyszukać na mapie obiekt, który wybraliśmy w terenie bez uprzedniego ustalenia jego położenia, łatwo możemy popełnić omyłkę. Gdy chcemy np. odszukać na mapie widoczne w terenie miasteczko tylko na pod-

stawie jego kształtu, wielkości i rozchodzenia się linii komunikacyjnych, wówczas łatwo znaleźć na mapie inne miasteczko o łudząco podobnych cechach.

Wybór obiektów orientacyjnych zależy nie tylko od wysokości lotu, lecz i od rodzaju terenu, nad którym lecimy. Dla szybownika najcenniejszymi obiektami orientacyjnymi są duże masywy leśne, duże miasta, jeziora i rzeki, a także węzły linii komunikacyjnych.

Nie znaczy to wcale, aby małe obiekty nie miały znaczenia. Często właśnie położenie małego obiektu, takiego jak fabryka, małe jeziorko czy kościół w pobliżu większego obiektu, ułatwia jego identyfikację. Zdarza się, że dobrze widoczne w terenie charakterystyczne szczegóły, jak np. małe zbiorniki wodne, szerokie lub wysadzane drzewami trakty polne, małe laski, czy większe skupiska zabudowań nie są naniesione na mapie. Jeśli leżą one w pobliżu obiektu, który chcemy zidentyfikować, mogą być powodem wątpliwości, czy obiekt w terenie i na mapie są identyczne. Wówczas aby upewnić się, wystarczy porównać położenie wybranego przez nas obiektu w stosunku do obiektów zidentyfikowanych i sprawdzić za pomocą busoli zgodność kierunków. Jeśli stwierdzimy zgodność wzajemnego położenia i zgodność kierunków, przyjmujemy, że wybrany obiekt jest zidentyfikowany.

Przeładowanie terenu obiektami jednego rodzaju utrudnia lub nawet wyklucza możliwość prowadzenia orientacji w tym terenie w oparciu o te właśnie obiekty (np. miasta i węzły komunikacyjne na terenie Śląska).

Specyficznym zagadnieniem jest prowadzenie orientacji w terenie górzystym. Wykorzystywanie gór jako obiektów orientacyjnych jest uzależnione przede wszystkim od wysokości lotu. Jeśli lot odbywa się na wysokości zbliżonej do wysokości szczytów, wówczas doskonałymi obiektami orientacyjnymi są szczyty o charakterystycznym kształcie. Przy większych wysokościach lotu orientację należy opierać na układzie dolin i znajdujących się w dolinach miejscowościach, rzekach i liniach komunikacyjnych.

Jeśli wysokość lotu znacznie przekracza wysokość wzniesień, obserwowany teren staje się „płaski", co utrudnia wykorzystywanie gór i dolin jako obiektów orientacyjnych. Nawigowanie w górach nie jest trudne pod warunkiem, że pilot umie czytać z mapy rzeźbę terenu.

Na terenie płaskim pojedyncze góry i większe wzniesienia terenowe są doskonałymi obiektami orientacyjnymi w locie na średnich wysokościach.

Wstępna selekcja obiektów pod względem ich przydatności do prowadzenia orientacji powinna być dokonywana jeszcze przed rozpoczęciem lotu, podczas zapoznawania się z trasą. Nie jest to jednak selekcja ostateczna, gdyż w czasie lotu może się okazać, że obiekty, które ustaliliśmy za drugorzędne, są z powietrza bardziej lub równie charakterystyczne, jak obiekty wybrane przed lotem.

Utrata i wznawianie orientacji

Zdarza się w locie, że pilot nie potrafi określić na mapie swojego położenia w terenie. Mówimy wówczas o utracie orientacji.

Jeśli jest to utrata orientacji szczegółowej przy zachowaniu orientacji ogólnej, wówczas chcąc określić swoje położenie, postępujemy jak przy przechodzeniu z orientacji ogólnej na szczegółową. Bardziej kłopotliwa jest utrata orientacji ogólnej. Może ona doprowadzić do znacznego odejścia od trasy, zmiany kierunku lotu, a w konsekwencji do niewykonania zadania.

Przyczyną utraty orientacji ogólnej może być nieprzechodzenie na orientację szczegółową w pobliżu charakterystycznych obiektów. Często, szczególnie w pierwszych lotach, utrata orientacji ma charakter pozorny. Zdarza się to najczęściej podczas wykonywania różnych manewrów związanych z poszukiwaniem i wykorzystywaniem wznoszeń, na czym pilot skupia całą uwagę. W czasie nabierania wysokości w ustalonym krążeniu pilot zwykle „powraca" do nawigowania i wtedy stwierdza, że obraz terenu jest zupełnie inny niż przed rozpoczęciem krążenia. Jeśli jest przygotowany na to, że ze zmianą wysokości zmienia się obraz terenu, wyszukuje nowe punkty orientacyjne nie leżące bezpośrednio pod szybowcem i wznawia orientację.

Innym przypadkiem pozornej utraty orientacji szczegółowej jest brak w terenie w zasięgu wzroku charakterystycznych obiektów, umożliwiających szczegółowe określenie miejsca, nad którym znajduje się szybowiec. Nie należy się tym peszyć, ponieważ brak charakterystycznych punktów w terenie potwierdzony przez obraz mapy też jest podstawą do określenia w przybliżony sposób swojego miejsca, w oparciu o kalkulacje.

Najczęstszymi przyczynami utraty orientacji są:

— znaczne odejście od trasy, celowe lub będące wynikiem błędnego nawigowania,
— brak kontroli przebytej drogi, szczególnie w warunkach słabej widzialności,

— nie dostrzeżona w porę zmiana kierunku i prędkości wiatru,
— nieposługiwanie się busolą lub brak wiary we wskazania busoli,
— błędna identyfikacja podobnych obiektów,
— posługiwanie się nieaktualną mapą (na której nie są naniesione nowowybudowane linie komunikacyjne, zbiorniki wodne, duże obiekty przemysłowe itp.).

Wznawianie utraconej orientacji nie jest rzeczą trudną, pod warunkiem zachowania spokoju i uporządkowanego działania. Należy pamiętać, że po utracie orientacji nie można całej uwagi skupiać jedynie na jej odzyskiwaniu, lecz trzeba także utrzymywać odpowiednią wysokość lotu gwarantującą nie tylko prowadzenie obserwacji terenu, ale także zapewniającą dalszą kontynuację przelotu.

Wpadanie w panikę, pośpiech, zaabsorbowanie się mapą i skupianie całej uwagi jedynie na odzyskiwaniu orientacji prowadzi do utraty wysokości i w dalszej konsekwencji do lądowania.

W przypadku utraty orientacji w krążeniu należy:
— zanotować czas utraty orientacji,
— w czasie krążenia prowadzić obserwację terenu,
— po nabraniu wysokości przyjąć kurs równy kątowi drogi lub kurs do najbliższego charakterystycznego obiektu w terenie,
— zorientować mapę według busoli,
— ustalić na mapie przypuszczalne miejsce szybowca na podstawie kalkulacji (czas krążenia, prędkość i kierunek wiatru),
— wznawiać orientację przez identyfikację dużych obiektów terenowych.

W przypadku utraty orientacji w innych okolicznościach należy:
— określić i zanotować czas utraty orientacji,
— nawiązać kontakt z termiką i nabierać wysokość,
— przeprowadzić kalkulację pozwalającą ustalić rejon, nad którym przypuszczalnie znajduje się szybowiec na podstawie czasu, prędkości i kierunku lotu od punktu na mapie, w którym ostatnio było oznaczone miejsce i czas przelotu,
— po nabraniu wysokości wznowić orientację przez porównanie obiektów w terenie, nad którym znajduje się szybowiec, z obiektami w rejonie ustalonym na mapie.

Jeśli mimo to nie odzyskamy orientacji, musimy kontynuować dalej przelot w ten sposób, jak gdyby lot odbywał się po wyznaczonej trasie, zgodnie z wyliczeniami dokonanymi

przed lotem. Zapewni to lot równoległy do trasy. W ten sposób należy lecieć aż do czasu napotkania wybranego na mapie obiektu liniowego, poprzecznego do trasy (np. duża rzeka, pasmo wzniesień, lasów, jezior, czy wyraźna linia komunikacyjna). Po napotkaniu tego obiektu wznawiamy orientację szczegółową. Następnie wykreślamy linię dojścia do trasy pod kątem ok. 30° od miejsca, nad którym znajduje się szybowiec do charakterystycznego punktu na trasie, lub jeśli jest już blisko punktu docelowego czy zwrotnego — wprost do tego punktu. Lot kontynuujemy teraz wzdłuż wykreślonej, nowej trasy.

TEMATY KONTROLNE I EGZAMINACYJNE

1. Omówić geometrię kuli ziemskiej.
2. Siatka geograficzna i jej elementy — długość i szerokość geograficzna.
3. Zależność między długością geograficzną a czasem.
4. Zasadnicze rodzaje rzutów kartograficznych.
5. Rodzaje map lotniczych.
6. Omówić mapy używane w lotnictwie sportowym.
7. Wymagania stawiane mapom lotniczym.
8. Określanie współrzędnych geograficznych na mapie.
9. Loksodroma i ortodroma; ich przebieg na mapie w rzucie stożkowym.
10. Czytanie map lotniczych, znaki i skróty topograficzne.
11. Skala i podziałka mapy, mierzenie odległości na mapie.
12. Ziemskie pole magnetyczne i jego wpływ na swobodnie zawieszony magnes.
13. Deklinacja i inklinacja magnetyczna.
14. Budowa i działanie magnetycznej busoli lotniczej.
15. Cechy magnetycznej busoli lotniczej.
16. Błąd północny busoli i błąd kierunków wschodnich i zachodnich:
17. Dewiacja busoli.
18. Kompensacja busoli.
19. Omówić określenia kierunków na kuli ziemskiej.
20. Kąt drogi; jego pomiar na mapie i obliczanie.
21. Kurs szybowca — rodzaje i przeliczenia.
22. Meteorologiczny i nawigacyjny kierunek wiatru.
23. Omówić różnicę pomiędzy prędkością powietrzną i podróżną oraz ich kierunkami.
24. Omówić pojęcia: prędkość przeskoku, prędkość przelotowa i prędkość podróżna przelotu.
25. Lot szybowca w ciszy.
26. Lot szybowca w łożu wiatru.
27. Wpływ wiatru bocznego na lot szybowca (kąt znoszenia).
28. Kąt wiatru i jego obliczanie.
29. Omówić i wykreślić podstawowy nawigacyjny trójkąt prędkości.
30. Zależność kąta znoszenia i prędkości podróżnej od kąta wiatru.

31. Zależność kąta znoszenia i prędkości podróżnej od stosunku prędkości wiatru do prędkości powietrznej.
32. Wpływ wiatru bocznego na nawigowanie podczas przelotu.
33. Prawidłowe nawigowanie podczas przelotu z bocznym wiatrem — szybowcowy przelotowy trójkąt prędkości.
34. Przygotowanie map i sprzętu nawigacyjnego.
35. Wykreślanie i opisanie tras przelotowych.
36. Metody pamięciowych obliczeń trójkąta prędkości, drogi, czasu lotu i prędkości.
37. Orientowanie mapy w locie.
38. Zasady utrzymywania orientacji wzrokowej.
39. Przyczyny utraty orientacji.
40. Sposoby wznawiania orientacji.

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

Badowski W., Janik F. — Nawigacja powietrzna.

Łabno B. — Nawigacja pilota sportowego. MON, Warszawa 1959.

Makula E., Skrzydlewski St., Wielgus St. — Przeloty szybowcowe. MON, Warszawa 1953.

Pazio A., Winczo J. — Zasady pilotażu. WKŁ, Warszawa 1966. (Biblioteka Aeroklubu PRL, seria „Szkolenie szybowcowe").

Pr. zbiorowa — Nawigacja lotnicza (pod red. Sokołowa), MON, Warszawa 1956.

WYDAWNICTWA KOMUNIKACJI i ŁĄCZNOŚCI — WARSZAWA 1968

Wydanie pierwsze. Nakład 3000 + 200 egz. Ark. wyd. 4,8. Ark. druk. 3,7. Oddano do składania 22.IV.68. Podpisano do druku i druk ukończono w listopadzie 1968. Papier druk. sat. kl. III, 80 g. 70 × 100/24. Zamówienie P/82.68-K.5639. Cena zł 10.—

Zakł. Graf. „Tamka", Zakł. nr 1, W-wa. Zam. 747/68. N-21.

86

Cena zł 10.–